

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Automatizovaná analýza kutometrických měření

Automated Analysis of Cutometric Measurements

Student:

Bc. Věra Plháková

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3901T009 Biomedicínské inženýrství

Téma:

Automatizovaná analýza kutometrických měření
Automated Analysis of Cutometric Measurements

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s problematikou kutometrie.
2. Návrh a realizace databáze pro ukládání dat z přístroje Cutometer MPA580 pro účely řízených experimentů a implementaci v praxi.
3. Návrh a realizace software pro dávkové zpracování dat, jenž by umožnil klinické srovnání, automatické vyhodnocení a statistickou analýzu kutometrických měření a řízených experimentů.
4. Testování databáze, provedení analýzy testů na měřených datech a srovnání s originálním softwarem.
5. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] COURAGE & KHAZAKA ELECTRONIC. *Information and Operating Instructions for the Cutometer® MPA 580 and the software Cutometer® MPA Q*. Manuál k přístroji, 2010.
- [2] HENDRIKS, Falke M. *Mechanical Behaviour of Human Skin in Vivo. A Literature Review* [online Unclassified Report] 2001.[cit.2012-10-25] Dostupné z: http://reference.kfupm.edu.sa/content/m/e/mechanical_behaviour_of_human_skin_in_vi_118914.pdf.
- [3] AKHTAR, Naveed et al. Calendula extract: Effects on mechanical parameters of human skin. *Acta Poloniae Pharmaceutica*. 2011, 68(5), s.693-701. ISSN 0001-6837. Dostupné také z: http://www.ptfarm.pl/pub/File/Acta_Poloniae/2011/5/693.pdf.
- [4] NGUYEN, Dai Q. A., Tom S. PÖTOKAR and Patricia PRICE. An objective long-term evaluation of Integra (a dermal skin substitute) and split thickness skin grafts, in acute burns and reconstructive surgery. *Burns*. 2010, 36(1), s. 23-28. ISSN 0305-4179. Doi:10.1016/j.burns.2009.07.011.
- [5] WILKES, G. L., I. A. BROWN and R. H. WILDNAUER. The biomechanical properties of skin. *CRC Critical Reviews in Bioengineering*. 1973, 1(4),s. 453-495. ISSN 0045-642X.
- [6] ŠÍN, Petr a Pavel BRYCHTA. Cutometrical measurement confirms the efficacy of the composite skin grafting using allogeneic acellular dermis in burns (Cutometrical measurement confirms the efficacy of the composite skin grafting using allogeneic acellular dermis in burns). *Acta chirurgiae plasticae*. 2006, 48(2), s. 59-64. ISSN 1803-6597.
- [7] ŠÍN, Petr, Pavel BRYCHTA a Igor STUPKA. Evaluation and comparison of composite and split-thickness skin grafts using Cutometer MPA 580 (Evaluation and comparison of composite and split-thickness skin grafts using Cutometer MPA 580). *Annals of Burns and Fire Disasters*. 2010, 23(4), s. 208-213. ISSN 1121-1539.
- [8] POKORNÝ, Jaroslav. *Databázové systémy a jejich použití v informačních systémech*. 1. vyd. Praha: Academia, 1992, 313 s. ISBN 8020001778.
- [9] POKORNÝ, Jaroslav a Ivan HALAŠKA. *Databázové systémy*. Praha: Česká informatická společnost, 2002, 146 s. ISBN 80-900853-9-3.
- [10] POKORNÝ, Jaroslav a Michal ŽEMLIČKA. *Základy implementace souborů a databází*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2004, 211 s.. ISBN 80-246-0837-5.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

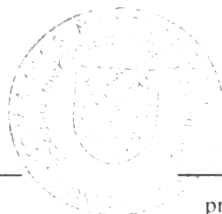
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Iveta Bryjová**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2014




doc. Ing. Jiří Kozíorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.



Věra Plháková

Datum odevzdání práce: 7. 5. 2014

V Ostravě dne: 6. 5. 2014

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Ivetě Bryjové za poskytnutí cenných rad při vypracovávání mé práce. Dále bych ráda poděkovala MUDr. Haně Klosové za čas věnovaný při konzultacích a diskuzích při návrhu a testování mé práce na Popáleninovém centru ve Fakultní nemocnici Ostrava.

Abstrakt

Tato diplomová práce slouží k zefektivnění práce při vyhodnocování účinnosti léčby popáleninových jizev měřených pomocí přístroje Cutometer® MPA 580. Byl vytvořen program umožňující načtení dat z databáze s možností zobrazení naměřených křivek a vypočítaných parametrů a s možností statistického porovnání parametrů pro účely klinických srovnání. Program umožňuje ukládání dat ve formátu vhodném pro další zpracování za účelem řízených experimentů. Program má název Cutometer_automated_analysis a byl otestován na Popáleninovém centru ve Fakultní nemocnici v Ostravě.

Klíčová slova

Cutometer, kutometrie, Cutometer_automated_analysis, popáleninové jizvy, hypertrofické jizvení

Abstract

This work serves to improve the efficiency of the evaluation of treatment efficacy burn scars measured using a device Cutometer MPA850. Program was developed in order to retrieve data from the database with the option of displaying the measured curves and calculated parameters and the possibility of a statistical processing of parameters for clinical comparison. The program allows to store data in a format suitable for further processing for controlled experiments. The program is called Cutometer_automated_analysis and was tested in the Burn center at the University Hospital in Ostrava.

Key words

Cutometer, cutometry, Cutometer_automated_analysis, burn scars, hypertrophic scarring

Seznam použitých symbolů a zkratek

A-V	Atrioventrikulární
CNS	Centrální nervový systém
CSF	Kolonie stimulující faktor
FNO	Fakultní nemocnice Ostrava
PC	Popleninové centrum
UV	Ultrafialové

Obsah

Úvod.....	1
1. Kůže.....	2
1.1. Vrstvy kůže.....	2
1.1.1. Epidermis.....	2
1.1.2. Dermis.....	3
1.1.3. Podkožní vazivo.....	4
1.2. Kožní žlázy.....	6
1.2.1. Mazové žlázy.....	6
1.2.2. Potní žlázy.....	7
1.3. Cévy a nervy kůže.....	7
1.3.1. Tepny a žíly kůže.....	7
1.3.2. Mízní cévy kůže.....	7
1.3.3. Nervy kůže.....	8
1.4 Mechanické vlastnosti kůže.....	8
2. Funkce kůže.....	9
2.1. Ochranné funkce kůže.....	9
2.2. Bariéra proti infekci.....	9
2.3. Termoregulace.....	9
2.4. Kůže jako receptorový orgán.....	10
2.5. Resorpční a exkreční činnost kůže.....	10
2.6. Kůže jako prostředek sociální komunikace.....	10
2.7. Barva kůže.....	10
2.8. Regenerace kůže.....	10
2.9. Sekrece cytokinů v kůži.....	12
2.10. Význam kůže pro příjem vitamínu D.....	12
3. Patologické změny kůže.....	13
3.1. Popáleniny.....	13
3.2. Omrzliny.....	14
3.3. Hojení ran.....	14
3.3.1. Fáze hojení rány.....	14
3.3.2. Typy hojení rány.....	15
3.3.3. Rozdělení a typy jizev.....	16
4. Vyhodnocení popáleninových jizev.....	18
5. Cutometr.....	19
5.1. Princip měření.....	19

5.2. Módy měření.....	19
5.2.1. Mód 1.....	20
5.2.2. Mód 2.....	20
5.2.3. Mód 3.....	21
5.2.4. Mód 4.....	22
5.3. Výpočty parametrů.....	22
5.3.1. R parametry.....	22
5.3.2. Oblastní parametry.....	23
5.3.3. Q parametry.....	24
6. Návrh a realizace software pro automatickou analýzu kutometrických měření.....	26
6.1. Rozbor stávajícího řešení.....	26
6.2. Požadavky na software.....	27
6.3. Instalace a spouštění programu.....	27
6.4. Struktura programu.....	27
6.4.1. Zobrazení křivek.....	27
6.4.2. Zobrazení parametrů.....	28
6.4.3. Statistické zpracování.....	28
6.5. Uživatelské rozhraní programu.....	30
6.5.1. Cutometer automated analysis.....	30
6.5.2. Zobrazení křivek.....	31
6.5.3. Zobrazení parametrů.....	33
6.5.4. Statistické zpracování.....	35
7. Testování programu.....	38
Závěr.....	39
Seznam použité literatury.....	40
Seznam příloh.....	42

Úvod

Nejčastější komplikací po popáleninovém traumatu je hypertrofické jizvení, jehož prevalence je velmi vysoká. Tento typ jizev způsobuje funkční a estetické omezení. Hypertrofické jizvy jsou bolestivé, tuhé, svědivé, zpočátku rudé, a mohou se rozvinout až v jizevnaté kontraktury s nutností operační léčby.

Pro hodnocení účinnosti léčby jizev se rutině používá několik metod subjektivního hodnocení. Zde ale často záleží na zkušenostech lékaře. Pro objektivní hodnocení účinnosti se na Popáleninovém centru Fakultní nemocnice Ostrava používá přístroj Cutometer® MPA 580 od firmy Courage + Khazaka electronic GmbH, který měří viskoelastické parametry jizev neinvazivní sukční metodou. Tento přístroj je primárně určen pro kosmetický průmysl, kde nebývají kladeny tak vysoké nároky na rychlé zhodnocení naměřených dat. Z tohoto důvodu je pro vyhodnocení léčby nutná časově náročná extrakce dat, která je neefektivní a způsobuje časovou prodlevu mezi měřením, zhodnocením léčby a sdělením závěrů pacientovi.

Cílem mé práce je tedy vytvoření programu, který bude umožňovat automatické načítání databází, ve kterých jsou uloženy informace ze softwaru přístroje Cutometer, vhodné zobrazení naměřených dat, uložení dat ve formátu vhodném pro další zpracování a statistické zpracování dat pro účely rychlého klinického zhodnocení.

1. Kůže

Kůže, řecky *derma*, je rozsáhlý plošný orgán tvořící zevní povrch organismu a tím i bariéru organismu vůči okolí. Stavba kůže umožňuje její přizpůsobení pohybům a tvarovým změnám těla a další funkce ve vztahu k organismu a okolí. Představuje účinnou ochranu vůči fyzikálním, chemickým a mikrobiologickým vlivům z okolí. Uspořádáním svého cévního řečiště a svými žlázami a dále tím, že sama je špatný vodič tepla, představuje kůže termoregulační systém, který odvádí tepelné ztráty do okolí pomocí činnosti potních žláz (odpařování) a pomocí změn průtoku krve ve svém cévním řečišti.

Kůže se podílí na látkové výměně, jednak tím, že se účastní dýchání (u savců sice malým, ale fyziologicky nezanedbatelným podílem), jednak tím, že svými potními a mazovými žlázami představuje orgán exkreční. Kůže se též podílí na funkcích imunitního systému organismu, neboť obsahuje imunokompetentní buňky a také se přepokládá, že se v ní mohou tvořit protilátky. Vlivem světla se v kůži z prekursoru (ergosterol) vytváří vitamin D. Kůže obličej, ovládaná mimickými svaly, je též významným prostředníkem psychiky jedince.

Kůže dospělého člověka dosahuje plochy téměř 2m² (průměrně 1,6–1,8 m²), z čehož na hlavu a krk připadá 11 %, na trup 30 %, na horní končetiny 23 % a na dolní končetiny kolem 36 %.

Tloušťka kůže činí od 0,5 mm do 4 mm (podle krajiny těla); obzvláště tenká kůže je na očních víčkách, nejsilnější na zádech (kolem 4 mm). Obecně je kůže na trupu silnější vzadu než vepředu, na končetinách silnější laterálně a na straně extensorů, tenčí mediálně a na straně flexorů.

Hmotnost kůže dosahuje 3 kg, je-li však kůže ztlustěná tukovým polštářem, může její hmotnost v extrémních případech dosáhnout až 20 kg. [1]

1.1. Vrstvy kůže

Kůže má tři hlavní vrstvy – epidermis, dermis a podkožní vazivo. Na obr. 2 je znázorněna její stavba.

1.1.1. Epidermis

Epidermis je povrchová vrstva tvořená epitelem ektodermového původu; je to co do stavby epitel vrstevnatý dlaždicový, v povrchových vrstvách zrohovatělý. Mimo základní buňky, keratinocyty, v různém stadiu jejich vývoje obsahuje i další (tzv. symbiontické) buňky: melanocyty, Langerhansovy buňky a Merkelovy buňky.

Vrstevnatý epitel, jehož buňky od lamina basalis do určité výše tvoří stratum germinativum,

což je vrstva zárodečná, jejíž bazální buňky se mitoticky množí, se směrem k povrchu diferencuje a mění se ve stratum corneum – rohovou vrstvu, která je nositelem bariérové funkce kůže. K pokožce patří i útvary, které z ní vznikají – deriváty epidermis – chlupy, nehty a kožní žlázy.

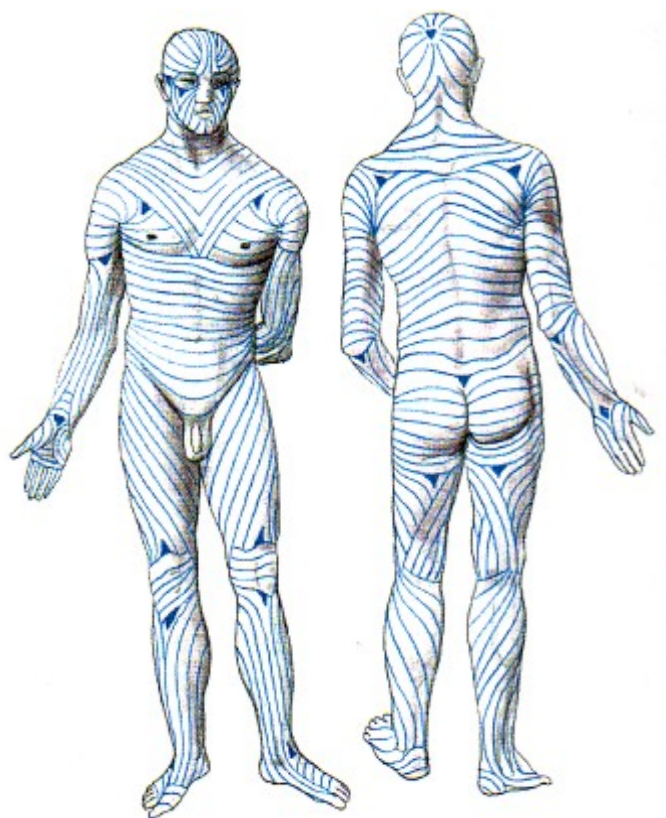
Na každý traumatický, termický, chemický či zánětlivý podnět nebo na ultrafialové záření odpovídá epidermis stupňováním proliferace, příkladem je hojení rány. I nejmenší zranění epidermis vyvolá (po asi 24 hodinovém období latence) synchronizovanou vlnou mitos buněk bazální vrstvy – pro uzavření epidermis a pro náhradu defektu. Toto množství nových buněk se nakonec projeví vytvořením kožní šupiny na povrchu. Stupňování proliferace je proto citlivá reakce, zachovávající stálý stav epidermis vůči okolí organismu. [1]

1.1.2. Dermis

Dermis (corium, škára) je složená z vaziva se zvlněnými kolagenními a elastickými vlákny. Vlákna jsou spojena ve snopce, které jsou olstovitě propletené. Tloušťka škáry činí 0,5–2,5 mm. Škára má dvě vrstvy – povrchovou a hlubší.

Povrchová vrstva – stratum papillare – obsahuje kromě sítí vláken i větší množství vazivových buněk a je protkaná sítí kapilár. Ty zasahují do papil koria a místy s papilami vystupují tak blízko k povrchu kůže, že je možné je pozorovat z diagnostických důvodů na živém (tato diagnostická technika se označuje jako kapilaroskopie nebo kapilární mikroskopie).

Hlubší vrstva – stratum reticulare – obsahuje méně buněk a husté svazky kolagenních fibril, méně fibril elastických. Vlnitý průběh snopců kolagenního vaziva umožňuje tažnost kůže, elastické fibrily pak vracejí stav zpět, poté co tah povolil. Fibrily, kolagenní i elastické, jsou sdruženy ve snopce, které se proplétají a při tom se šikmo kříží, takže síť snopců jednak tvoří rhombická oka (s nimiž jsou v souladu rhombická políčka kožního reliéfu), jednak svým tahem, který v jednom hlavním směru převažuje, podmiňují štěpitelnost kůže. Směry štěpitelnosti se manifestují po vbodnutí kulaté jehly do kůže. Po vytažení jehly se stopa vpichu protáhne směrem štěpitelnosti kůže. Řez kůží vedený ve směru štěpitelnosti nezeje a jeho okraje zůstávají přiloženy k sobě, řez vedený napříč směru štěpitelnosti je tahem (elastických) vláken rozšířen a široce zeje. Tohoto jevu využívá chirurgie a ještě více plastická chirurgie při vedení kožních řezů. Směry štěpitelnosti kůže ukazuje obr. 1. [1]



Obr. 1: Směry štěpitelnosti kůže [1]

V dermis je také hladké svalstvo, které tvoří dvojí struktury – mm. arrectores pilorum a sítě buněk hladkého svalstva v hlubších vrstvách dermis. Mm. arrectores pilorum – vzpřimovače chlupů – jsou svazky buněk hladkého svalstva, jdoucí od pochvy chlupu šikmo k povrchu dermis, zpravidla na té straně, kam je chlup nakloněn. Jejich povrchové konce jsou připojeny do sítě elastických vláken pod spodní plochu epidermis. V úhlu mezi m. arrector pili a pochvou chlupu může být umístěna mazová žláza. Sítě buněk hladkého svalstva v hlubších vrstvách dermis obsahují také elastická vlákna a jsou uloženy paralelně s povrchem kůže. Snopce hladkého svalstva vzařují také do horního a dolního víčka. [1]

1.1.3. Podkožní vazivo

Tela subcutanea – podkožní vazivo – spojuje kůži, tj. dermis s povrchovou fascií nebo s periostem. Obsahuje četné hustší vazivové pruhy – retinacula cutis, jdoucí k fasciím a k periostu. V místech těchto spojení není kůže posunlivá a nemůže se tam tvořit tak vysoký tukový polštář jako v okolí, proto jsou tato místa mírně vkleslá. Při jejich stlačení trpí cévní síť kůže (a při dlouhém ležení se tam pacientovi nejnázve vytvoří proleženiny).

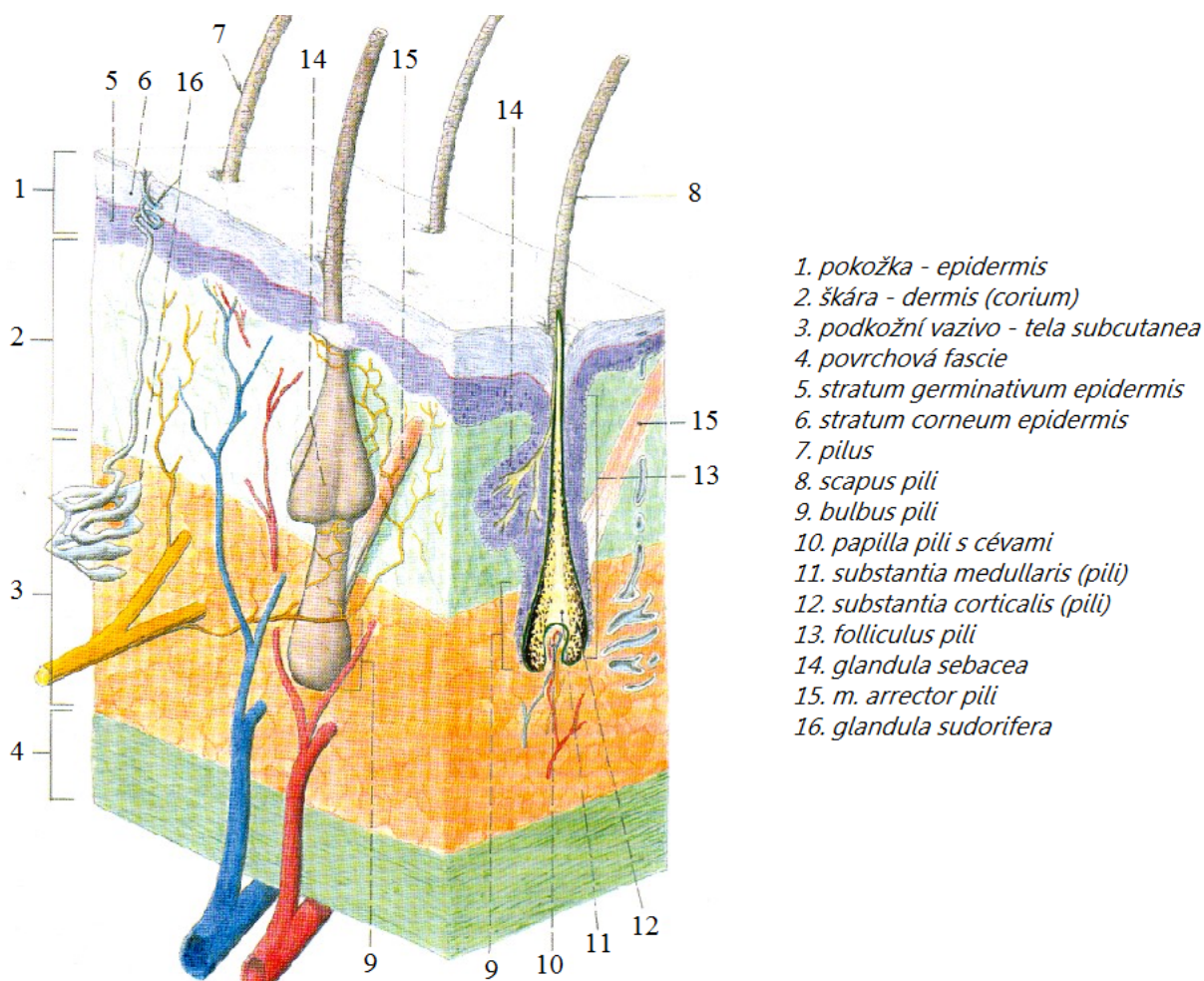
Mimo místa fixovaná ke spodině je tela subcutanea prorostlá lalůčky tuku – vzniká panniculus adiposus – tukový polštář. Jeho rozvoj závisí především na somatickém typu dotyčného, na výživě

a dále na vlivech hormonálních. Rozložení podkožního tuku na těle podmiňuje tvarové rozdíly reliéfu těla mužského a ženského. Rozložení tuku na těle se mění s věkem a s hormonálními změnami (i přirozenými, v průběhu života). Ve stáří tuku v kůži ubývá a snižuje se i množství elastického vaziva v dermis a v tela subcutanea, což má za následek ochablost kůže u starých lidí.

Podkožní tukové vazivo je jednak skladištěm zásobních látek, jednak má ochranou a izolační funkci při termoregulaci a konečně na některých místech má i význam mechanický (např. tukové výplně ve dlani a v chodidle). Tato mechanicky závažná nahromadění tuku nemizí ani při dlouhém hladovění – jde o tzv. stavební tuk.

Tukový polštář bývá nejsilnější na břicho, v hýžděové krajině a v proximální části stehen, naopak zcela chybí v podkoží očních víček, ušních boltců a např. na hřbetu nosu.

V místech vystavených mechanickému namáhání (většinou tlaku a tření) se v podkožním vazivu vytvářejí bursae synoviales subcutaneae – podkožní tíhové váčky – vyplněné tekutinou podobnou synoviální tekutině, která tlumí mechanické namáhání. Tyto tíhové váčky mohou podléhat zánětům. [1]



Obr. 2: Stavba kůže [1]

1.2. Kožní žlázy

Kožní žlázy jsou deriváty epidermis a dělí se na dvě hlavní skupiny – mazové žlázy a potní žlázy, jichž je více typů a skupin.

1.2.1. Mazové žlázy

Mazové žlázy (glandulae sebaceae) jsou žlázy holokrinní (řec. holos, celý; krinein, oddělovat). Jsou to alveolární až tuboalveolární žlázy, připojené k pochvám chlupů a ústíciích do nich. Odtud přechází jejich sekret na chlupy (vlasy) a na povrch kůže. Sekret vzniká tukovou přeměnou a následujícím rozpadem celých žlázových buněk, které se v sekret proměňují (holokrinní žlázy). Produktem těchto žláz je sebum – kožní maz, který kůži zvláčňuje a chrání proti smáčení.

Charakteristický lipid kožního mazu je squalen¹. Hlavní hmota mazu je složena z různých triacylglyceolů, které jsou v průběhu sekrece mazu štěpeny estrázami korynebakterií (jež jsou konstantně ve folikulech chlupů a na povrchu kůže). Štěpením vznikají volné mastné kyseliny, jež způsobují fyziologické kyselé prostředí povrchu kůže, které je ochranou proti řadě mikrobiálních agens. [1]

1.2.2. Potní žlázy

Glandulae sudoriferae – potní žlázy – jsou způsobem své sekrece žlázy merokrinní (řec. meros – část, díl; krinein – oddělovat), tj. žlázy, které vylučují sekret vytvářený buňkami a jejich organelami, přičemž na rozdíl od holokrinních mazových žlázek buňky žlázy přetrvávají. Merokrinní žlázy jsou dvojí podle povahy své sekrece – ekkrinní a apokrinní.

Žlázy ekkrinní, jejichž sekretem je jen tekutina a žádná buněčná složka. Takovými žlázami jsou glandulae sudoriferae (minores) – malé potní žlázy, rozeté téměř po celé kůži.

Žlázy apokrinní jsou potní žlázy se zvláštní funkcí a ve specifických lokalizacích, jejichž sekret obsahuje části buněk (zpravidla apikální části), které se s nahromaděným sekretem oddělují a stávají se jeho součástí. [1]

1.3. Cévy a nervy kůže

1.3.1. Tepny a žíly kůže

Tepny kůže odstupují z hlubokých tepen a do kůže přicházejí skrze povrchovou fascii. Jen na některých místech (obličej, měkké pokrývky lebeční) leží větší tepenné větve přímo pod dermis. V místech, kde je kůže posunlivá, jsou tyto větve vlnité. Přírodní tepny se na hranici dermis a tela subcutanea spojují a vzniká hluboká kožní síť a povrchová kožní síť.

Hluboká kožní síť – každý větší kožní okresek má několik tepenných přívodů do této své sítě. Místa přívodů tepen do kůže jsou stálá a doporučuje se proto respektovat je při chirurgickém vedení řezů a zejména při zakládání kožních laloků.

Povrchová kožní síť je jemnější, vytváří se blíže k povrchu dermis a hranici papilární a retikulární vrstvy dermis.

Obě sítě, hluboká i povrchová, jsou propojeny spojovacími větvemi, kolmými k povrchu kůže. Z povrchové (subpapilární) sítě pak stoupají do papil koria drobnější větévky a zásobují mikrocirkulační systém kůže, který má své úseky arteriol a prekapilár, kapilár, prevenul, venul a odtokových žil, jež pak vytvářejí povrchovou a hlubokou žilní síť a ty jsou paralelní se sítěmi tepennými. [1]

1.3.2. Mízní cévy kůže

Mízní cévy kůže začínají jako slepé, paličkovité mízní kapiláry v papilách a sbírají se do subkapilární sítě, která přechází šikmými spojkami do sítě hlouběji v dermis; z té pak vystupují mízní kolektory, které již mají typické chloupky. [1]

1.3.3. Nervy kůže

Nervy kůže zahrnují somatosensitivní vlákna a vlákna visceromotorická – sympatická. V kůži není parasympatikus (a protichůdné působení sympatiku a parasympatiku je nahrazeno aktivací a inhibicí sympatiku). Somatosensitivní vlákna v kůži přijímají signály dotyku, bolesti, tepla a chladu. Dále jsou v kůži receptory, které se účastní regulace prokrvení kůže a podílí se na činnosti potních žláz. Volná nervová zakončení jsou rozvětvené dendrity buněk spinálních ganglií a do kůže jsou tato vlákna přivedena sensitivními větvemi periferních nervů. Jsou v hlubších vrstvách epidermis, kde opřádají buňky. V dermis se tato vlákna spojují v subpapilární síť a pokračují jako sensitivní myelinizovaná vlákna svými periferními nervy. Volná zakončení se považují za receptory pro bolest. Další kožní receptory představují Merkelovy buňky a ploténky na spodní ploše epidermis. Podobně jsou Pinkusovy ploténky při folikulu chlupu.

V dermis se vyskytuje řada speciálních nervových zakončení různých typů, např. Meissnerova tělíska, Krauseova tělíska, Ruffiniho tělíska (také při kořenech chlupů) a Vaterova–Paciniho lamelární tělíska. [1]

1.4. Mechanické vlastnosti kůže

Mezi mechanické vlastnosti kůže patří elasticita, pružnost, pevnost a anizotropie. Části kůže, které se podílejí na mechanických vlastnostech jsou:

Kolagen – kolagenová vlákna jsou hlavní složkou dermis a tvoří nepravidelné sítě vlnitých spirálových vláken, které běží téměř paralelně s povrchem kůže. Kolagen se vyznačuje vysokou pevností v tahu (1,5–3,5 MPa), nízkou roztažností (ruptura při přepětí v řádu 5–6 %), a vysokou tuhostí (Youngův modul pružnosti přibližně od 0,1 GPa do 1 GPa v lineární oblasti).

Elastin – elastinová vlákna jsou druhou hlavní složkou dermis. Jsou méně tuhá než kolagenová vlákna. Šířka elastinových vláken je 0,5–8 μm .

Retikulin – nachází se v mnohem menším množství než kolagen a elastin. Mechanické vlastnosti retikulinu nejsou přesně známy, ale retikulin má podobnou molekulární strukturu a morfologii jako kolagen, takže jeho vlastnosti jsou pravděpodobně podobné.

Základní hmota – je zodpovědná za viskoelastické vlastnosti dermis, pravděpodobně nepřispívá k pevnosti tahu v dermis. [2]

2. Funkce kůže

Funkce a úkoly kůže vyplývají z jejího hraničního postavení a spočívají primárně v ochraně vnitřního prostředí před nepříznivými změnami zevního prostředí.

2.1. Ochranné funkce kůže

Ochranné funkce kůže jsou velmi komplexní. Kůže odolává (v určitých hranicích) nebo alespoň minimalizuje škodlivé účinky mechanických, osmotických, chemických, tepelných a světelných vlivů prostředí. Podkožní tukový polštář (kromě toho, že je vynikající tepelnou izolací) se podílí na mechanické ochraně tím, že zachycuje účinky tupých sil, rozděluje je a zmírňuje. [3]

2.2. Bariéra proti infekci

Kůže tvoří bariéru proti invazi mikroorganismů. Prostor povrchu kůže je poměrně suché a kyselé, a proto nepříznivé pro jejich existenci a hlavně jejich rozmnožování. Imunologická ochrana spočívá ve funkci Langerhansových buněk, které představují nejperifernější část imunitního systému. Jsou uloženy ve stratum spinosum epidermis a patří mezi imunokompetentní dendritické buňky. Mají funkci podobnou makrofágům: rozpoznání antigenu, jeho zpracování a prezentace. Mají receptory pro protilátky (IgG) a pro komplement. Tvoří 4–5 % epidermální buněčné populace a jsou pravidelně a poměrně hustě distribuovány na povrchu těla. Jsou mimořádně citlivé na UV záření. [3]

2.3. Termoregulace

Kůže má rozhodující význam v termoregulaci. Usměňuje a reguluje prostřednictvím speciálních neurovaskulárních mechanismů výměnu tepla mezi organismem a prostředím. Samotná kůže s vrstvou podkožního tuku je důležitý tepelný izolátor omezující tok tepla převážně na kanály cévního systému, a tím umožňuje tepelnou regulaci změnami průsvitu cév. Hustota cévního zásobení kůže vysoce převyšuje její požadavky na dodávku kyslíku a živin a změny v průtoku krve kůží jsou aktivovány změnami teploty prostředí i vnitřní teploty těla. Zvláštností kožní cirkulace jsou z tohoto hlediska arteriovenózní anastomózy (AV anastomózy), které zkratují tok krve z arteriol do venul, tím obcházejí kapilární řečiště a umožňují rychlé změny prokrvení. Nejvíce AV anastomóz je na koncích prstů ruky a dlaních, na prstech a ploskách nohou, uších, nosech a rtech. Anastomózy mají silné svalové stěny a jsou téměř výhradně kontrolovány sympatickým nervstvem v odpověď na aktivaci zprostředkovanou termoreceptory nebo vyššími centry CNS. Druhým kožním mechanismem sloužící termoregulaci je odvádění přebytečného tepla odpařováním čili sekrecí potu. [3]

2.4. Kůže jako receptorový orgán

Kůže představuje největší receptivní povrch, je sídlem obrovského počtu receptorů somatosenzorického systému, které umožňují nepřetržitou komunikaci se zevním prostředím (dotykové a tlakové receptory, termoreceptory, receptory pro bolest). [3]

2.5. Resorpční a exkreční činnost kůže

Kůže je schopna limitované resorpce a exkrece. Resorpce se díky vstřebatelnosti především liposolubilních látek využívá při aplikaci léčebných mastí. Exkreční funkci obstarávají zčásti potní žlázy, zčásti žlázy mazové. Mazové žlázy jsou vázány na vlasové folikuly a ústí do nich. Jsou poměrně rovnoměrně rozděleny po celém těle, zvláště velké jsou v kůži hlavy, obličeje a hrudníku. Sekrecí kožního mazu se na povrch dostávají lipidy. Tukový maz chrání kůži před účinky vlhka a před vysycháním a zvláčňuje vlasy. Má také baktericidní účinky. Různé triacylglyceroly mazu jsou štěpeny esterázami rezidentních bakterií kůže a vzniklé volné mastné kyseliny ovlivňují fyziologické kyselé prostředí kožního povrchu. Produkce mazu je pod komplexní hormonální kontrolou: androgeny působí stimulačně, estrogeny inhibičně. [3]

2.6. Kůže jako prostředek sociální komunikace

Kůže je nositelkou morfologických znaků individuality a významně se podílí na sociální komunikaci. Fyziognomie, mimické výrazové prostředky a vyjadřování emocí mají mimořádně důležitou sdělovací úlohu. [3]

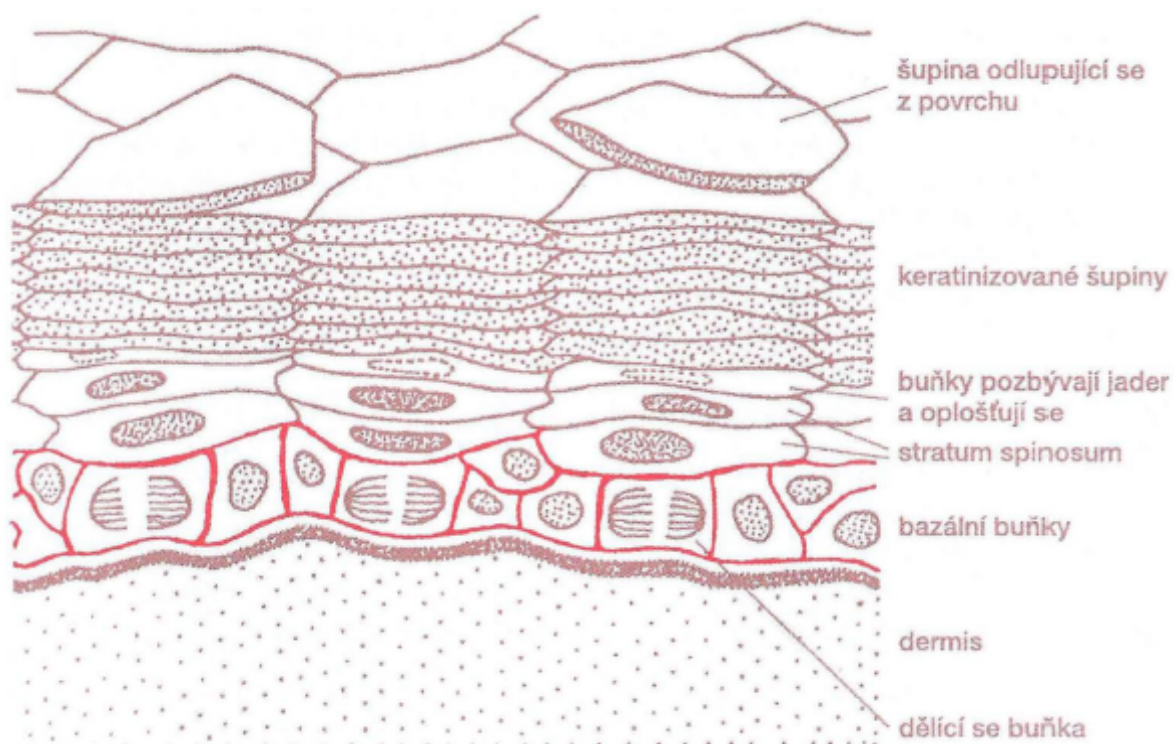
2.7. Barva kůže

Z hlediska funkcí kůže je významná i její barva. Epidermis obsahuje speciální buňky neuroektodermálního původu – melanocyty. Nejvíce melanocytů je v kůži osvětlených oblastí (obličej, hřbety rukou), mamil a zevního genitálu. V melanocytech se tvoří polymerizací tyrozinu černo-hnědý (nebo též žluto-červený) pigment melanin. Syntéza melaninu probíhá ve specifických organelách melanocytů – melanosomech, které po dozrání putují ve výběžcích melanocytů a jsou tak transponovány do sousedních keratinocytů. Barva kůže pak závisí na počtu, velikosti a distribuci melanosomů v keratinocytech. Velice důležitou funkcí melaninu je chránit hluboké vrstvy epidermis před poškozením chromosomů UV zářením. Proto se melanosomy v keratinocytech shromažďují okolo buněčného jádra. Kromě melaninů jsou v kůži i karoteny. [3]

2.8. Regenerace kůže

Epidermální vrstva kůže patří ke tkáním, které trpí přímým a často i poškozujícím vlivem zevního prostředí. Její zralé povrchové buňky se trvale odírají a olupují a jsou rychle nahrazovány proliferací a diferenciací buněk z vnitřních vrstev. Tato náhrada, tj. obnovování buněk, závisí na kmenových buňkách.

Epidermální kmenové buňky nejsou diferencované a jsou obtížně identifikovatelné. Jsou však determinované a mají charakter unipotentních buněk, které dají vznik jen jednomu typu terminální buňky. Mají schopnost se neomezeně dělit a poskytují jednak potomstvo, které se diferencuje, a další, které zůstává kmenovými buňkami. Mají tedy schopnost sebeobnovy, takže jich neubývá, jsou uloženy v nejhlubší vrstvě epidermis (bazální buňky), v níž probíhají intenzivní mitózy. Odtud cestují diferencující se dceřinné buňky kolmo vzhůru a přechodně se stanou součástí metabolicky aktivní vrstvy, v níž nabývají velmi charakteristického vzhledu (stratum spinosum). Tak, jak buňky cestují k povrchu, syntetizují keratin (keratinocyty), který je přítomen ve všech vrstvách epidermis. Pro každý vývojový stupeň jsou to postupně různé typy keratinů. Buňky ve stratum spinosum se oplošťují, pozbývají jádra i intracelulárních organel a postupně se změní na ploché „šupiny“, které neobsahují prakticky nic jiného než keratin; tyto šupinovité buňky, stlačené a hustě uspořádané, tvoří povrchovou vrstvu epidermis, z níž se opět odírají a olupují, viz obr. 3.



Obr. 3: Znáznornění regenerace epidermis [3]

Období od chvíle, kdy se buňka zrodí v bazální vrstvě, až do okamžiku, kdy je odloupnuta z povrchu kůže, trvá 2–4 týdny, a to v závislosti na oblasti povrchu těla. Kmenové buňky existují i ve žlázách spojených s epidermis (jako jsou např. potní žlázy), ale programy buněčné obnovy jsou zde jiné než v samotné epidermis.

Díky kmenovým buňkám se také reparují zničená místa epidermis. Do poškozeného okrsku migrují z okolí zdravé epidermální buňky, proliferují a vykrývají defekt. Musí se však nahradit i zničené kmenové buňky; ty vznikají dělením, přičemž se z jedné kmenové buňky nevytvoří jedna nová kmenová a jedna, která se vydá na cestu diferenciaci, ale dvě kmenové. [3]

2.9. Sekrece cytokinů v kůži

V normální kůži nezbytně existuje rovnováha mezi počtem keratinocytů produkovaných v bazální buněčné vrstvě a množstvím šupin deskvamovaných z kožního povrchu. Taková stabilní epidermis je výsledkem rovnováhy mezi stimulačními a inhibičními růstovými faktory cytokiny v kůži.

Cytokiny jsou produkovány keratinocyty. Představují 3 skupiny: růstové faktory, interleukiny a CSF (kolonie stimulující faktory). [3]

2.10. Význam kůže pro příjem vitamínu D

Kůže je u člověka hlavním zdrojem vitamínu D. Ve stratum granulosum kůže je přítomen jeho prekurzor, 7-dehydrocholesterol, který se účinkem UV paprsků slunečního světla přeměňuje na cholekalciferol neboli vitamin D₃. Nejúčinnější je záření v rozsahu 290–320 nm. Proměna prekurzoru je pouze fotochemická, tj. sterická změna, při níž se nemění elementární složení jeho molekuly. [3]

3. Patologické změny kůže

Patologie je nauka o chorobných pochodech a změnách v lidském těle. Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku kutometrického monitorování hypertrofického jizvení po popáleninách, proto se budeme v této kapitole věnovat problematice popáleninových traumat a následného jizvení.

3.1. Popáleniny

Popáleniny vyvolává vysoká teplota, vlhké teplo (pára) vyvolává opařeniny. Odborný název pro obojí je combustio. Závažnost závisí na výšce teploty, době působení a rozsahu postižení povrchu těla. Popálení nad 50 % povrchu těla ohrožuje život – vzniká popáleninový šok. Rozlišujeme 4 stupně popálenin:

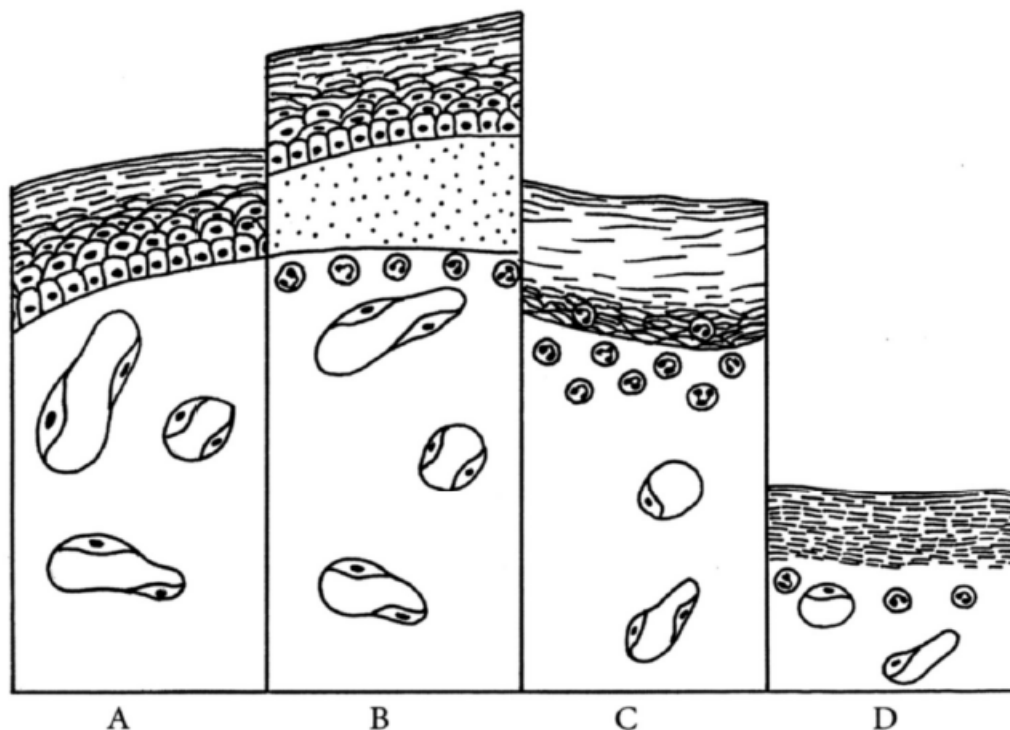
I. stupeň – zčervenání zasaženého místa (erytém);

II. stupeň – tvorba puchýřů;

III. stupeň – odumření tkáně – nekróza;

IV. stupeň – zuhelnatění – ohoření tkání. [4]

Schématicky jsou znázorněny změny na kůži na obr. 4.



A – překrvení cév ve škáře při I. stupni, B – odloučení pokožky od škáry a tvorba puchýře při II. stupni, C – nekróza povrchových vrstev a zánět při III. stupni, D – zuhelnatění při IV. stupni.
Obr. 4: Změny v kůži při popálenině [4]

3.2. Hojení ran

3.2.1. Fáze hojení rány

Fáze koagulace – prvním reparačním signálem je srážení krve v poškozené tkáni. Retrakcí okrajů rány s kompresí kapilár a kontrakcí hladkých svalových vláken ve stěnách arteriol a venul dojde k zástavě krvácení. V lumen cév se aktivují trombocyty a spouští se hemokoagulační kaskáda, rána se tak vyplňuje koagulem. Následně se do rány uvolňují vazoaktivní aminy a neporaněné kapiláry se dilatují.

Fáze zánětlivá – probíhá současně s hemostázou přibližně 1–4 dny. Dilatací neporaněných cév a zvýšením permeability kapilár se zvyšuje exudace plasmy do intersticia. Aktivuje se komplementový systém a uvolňují se chemotaktické faktory, které přitahují do rány granulocyty a později i lymfocyty. Jejich nejdůležitějším úkolem je kontrola případné bakteriální kontaminace. Jsou zodpovědné za fagocytózu a likvidaci tkáňového detritu tj. za vyčištění rány. Postupně hlavní funkci přebírají makrofágy, které produkují cytokiny a růstové faktory. Ty jsou zodpovědné hlavně za tvorbu kolagenu a angiogenezi.

Fáze proliferace – přibližně čtvrtý den dochází k tzv. volné organizaci buněk, kdy makrofágy pokrývají povrch rány, pod nimi následuje vrstva fibroblastů a pupenů novotvořených cév, hlouběji jsou uloženy zralé fibroblasty, ještě periferněji k zdravé tkáni do hloubky se nacházejí mladé fibroblasty. Přibližně čtvrtý den nové kapiláry vyrůstají z přítomných venul a rostou směrem do poraněné tkáně. U primárního hojení se kapiláry setkávají brzy s kapilárami z opačného okraje rány. Zajistí tak průtok krve v oblasti rány a následně i v jizvě. U sekundárně se hojících ran splývají kapiláry se sousedními, ty se šíří stejným směrem do vznikající granulační tkáně. Pod vlivem růstových faktorů dochází k replikaci fibroblastů, které produkují kolagen a proteoglykany. Kolagen postupně vyzrává v mezibuněčném prostoru v pevné fibrily. Proteoglykany vytvářejí gelovitou základní substanci pojivové tkáně, která spojuje okraje rány. Obě složky – kolagen i matrix se mění ve vysokomolekulární polymerické formy, které jsou zodpovědné za pevnost rány ale i jizvy. Mezi 7.–10. dnem není ještě síť kolagenních fibril dostatečně pevná a rána je v této fázi ohrožena dehiscencí.

Fáze diferenciací, přestavby a reepitelizace – pod vlivem růstových faktorů následuje stimulace epitelových buněk. Při procesu hojení se mitózy objevují v epitelových buňkách vzdálených od okraje rány. Nové buňky tak migrují přes staré k okrajům rány, přitahovány růstovými faktory, a vytvářejí trvalé okraje rány. Současně dochází k zrání kolagenových vláken, lýze nadbytečného kolagenu, smršťování kolagenových fibril a přestavbě nové matrix. Jizva tak přemostňuje a vyplňuje tkáňové defekty a okraje rány se kontrahují. Na povrchu rány dochází k tvorbě nového epitelu. Přibližně po jednom týdnu dochází k přeměně granulační tkáně v jizvu. Po 2–3 týdnech je jizva

hyperemická, pálí a svědí. Během dalšího období bledne, kontrahuje se. V 6.–8. týdnu dochází k ústupu hypertrofie, jizva je bledá a jemná. Celková remodelace jizvy probíhá v časovém údobí cca 9 měsíců u dospělých, u dětí ještě delší dobu. [6]

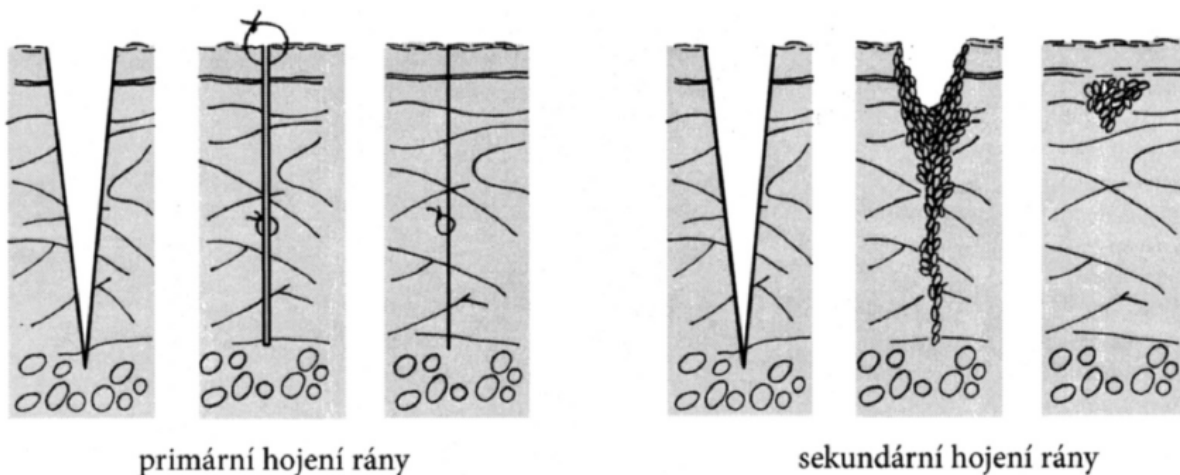
3.2.2. Typy hojení rány

Rány se hojí dvojím způsobem – per primam nebo per secundam.

Per primam se hojí rány, jejichž okraje jsou těsně u sebe, dobře reponované, čisté a nezhmožděné. Jde většinou o řezné rány, operační rány, které nejsou infikované a jejichž okraje byly sešity. Mezi protilehlými plochami rány je jen malý prostor vyplněný erytrocyty, fibrinem a krevní plazmou. Již v průběhu dvou dnů epitelové buňky z okrajů řezné plochy začínají migrovat a proliferovat podél dermis. Během krátké doby (v průběhu tří dnů) proliferuje z protilehlých ploch granulační tkáň. Fibroblasty brzy dosáhnou protilehlou stranu a kolagenní vlákna vytvoří postupně pevné spojení. Procesy, které zde probíhají jsou stejné jako při hojení akutních zánětů. Hustá fibrinová síť slouží jako vodící vlákna pro fibroblasty. Některé fibroblasty obsahují myofibrily, které odpovídají těm, které nacházíme v buňkách hladké svaloviny. Takové buňky se mohou kontrahovat. Označujeme je jako myofibroblasty. Hrají významnou roli v postupném stahování a zmenšování poškozeného úseku kůže nebo tkáně. Spolu s fibroblasty začínají proliferovat i krevní kapiláry. Tomuto procesu říkáme angiogeneze. Proliferující endotelic kapilár nejprve vytvoří solidní neluminizovaný pruh buněk. Teprve následně se vytvoří lumen cévy. Později se z těchto velmi křehkých cév stávají venuly nebo tepénky. Fragmenty fibrinu, volné erytrocyty, případně nekrotické buňky jsou odstraněny fagocytujícími buňkami.

Za týden je již rána natolik spojena proliferacním zánětem, že mohou být odstraněny operační stehy. Teprve ve druhém týdnu se objeví větší množství zpevňujících kolagenních vláken. Kapiláry a ostatní buňky postupně mizí. Výsledkem je úzký bělavý proužek vaziva – jizva.

Per secundam se hojí rány, které jsou široké, kde došlo ke ztrátě tkáně, infekci nebo rána nebyla odborně ošetřena. Zhnisané nebo znečištěné rány se musí nejdříve vyčistit a teprve potom dochází k tvorbě granulační tkáně. Ta ránu v optimálním případě vyplní. Současně ovšem povrchový epitel proliferuje z okraje rány a postupně povrch překryje, reepitelizuje. U hlubších ran reepitelizace postupuje rychleji než proliferace granulační tkáně ze spodiny a jizva nakonec vklesává pod niveau okolní kůže. [4]



Obr. 5: Schéma hojení ran [4]

3.2.3. Rozdělení a typy jizev

Jizvy se dělí podle hloubky postižení, časového korelátu a podle klinického nálezu.

Podle hloubky postižení – povrchová jizva – omezena jen na kůži a podkoží

– hluboká jizva – zasahuje i do hlubokých tkání – fascií, svalů nebo šlachových struktur

Podle časového korelátu – akutní

– subakutní

– chronická jizva

Podle klinického nálezu – jizva normálně zhojená – jemná a pevná, bledě růžová, nepřesahující úroveň kůže

– jizva patologická – atrofická, hypertrofická nebo keloidní, představuje odchylku od typického hojení

Patologické jizvy se dále dělí na:

Atrofická jizva – křehká, bledá, s výrazně sníženou odolností na mechanické a zejména tepelné podněty, bývá ohraničená na oblast původního traumatu. Může být aktivní jizvou. Vzniká při snížené produkci kolagenu a redukováném ukládání matrix při poruše rovnováhy mezi anabolickými a katabolickými procesy hojení rány.

Hypertrofická jizva – vypouklá, růžově červená, vyvýšená nad okolí kůže a ztlustělá, ohraničená na oblast původního traumatu. Je následkem porušení rovnováhy mezi katabolickými a anabolickými ději v procesu hojení rány.

Keloidní jizva neboli keloid – bývá vypouklá nachově červená svědivá, výrazně vyvýšená proti okolí, zasahující mimo původní traumatickou hranici. Na základě vyšetření elektronovou mikroskopií dochází u keloidu k abnormální depozici kolagenu a jsou přítomny odumřelé svazečky kolagenu, které se nevyskytují u hypertrofických jizev. Keloid často roste do velkých rozměrů a navíc v některých lokalizacích má tendenci stopkovatět, často recidivuje. Nebývá aktivní jizvou, ale je často příčinou nepříjemných pálivých a svědivých bolestivých stavů, ale také estetickým problémem.

[6]

4. Vyhodnocení popáleninových jizev

Vyhodnocování popáleninových jizev může probíhat buď subjektivně, nebo objektivně.

K subjektivním metodám evaluace jizev patří Vancouver scar scale (VSS) viz obr. 6, Patient and Observer Scar Assessment Scale (POSAS), Visual Analog Scale (VAS), a Manchester Scar Scale (MSS), přičemž VSS je nejčastěji používanou metodou. [7] Evaluace jizev pomocí škál je inherentně subjektivní a závisí na zkušenostech hodnotícího klinika. [11]

Body	Pigmentace	Cévnatost	Poddajnost	Výška
0	normální barva kůže	normální	normální	normální
1	hypopigmentace	růžová	pružná (ohybná s minimálním odporem)	$\leq 2 \text{ mm}$
2	hyperpigmentace	červená	poddajná (ohybná pod tlakem)	$\leq 5 \text{ mm}$
3		purpurová	pevná (neohebná, nepoddajná, odolná tlaku ruky)	$> 5 \text{ mm}$
4			provazce (pruhy jizevnaté tkáně bělající při extenzi jizvy)	
5			kontraktura (permanentní zkrácení jizvy způsobující deformitu)	

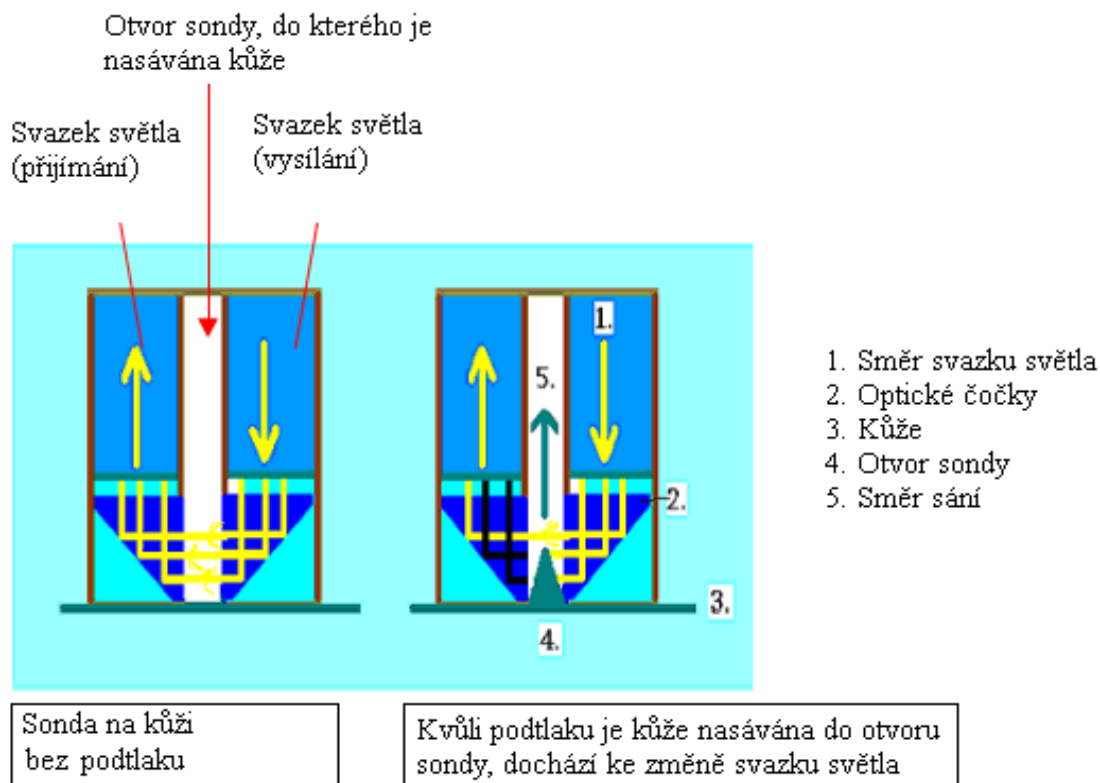
Obr. 6: Vancouverská stupnice pro hodnocení jizev [8]

Při objektivním vyhodnocování jizev se používají přístroje, pomocí kterých se měří dané parametry. Optimální měřicí nástroj pro evaluaci hypertrofického jizvení by měl být validní, věrohodný, dostatečně citlivý na změny v průběhu času. Měl by také postihovat charakteristiky jako je objem, viskoelastické vlastnosti a barvu. [11] Pro vyhodnocení barvy se používá např. Labscan XE, Mexameter, Minolta Chromameter. Pro změření tloušťky to je např. Dermalab C, TUPS. Dále se může měřit reliéf jizvy, např. pomocí přístroje PRIMOS. Viskoelastické vlastnosti jizvy se dají měřit pomocí přístrojů Dermalab, Elastometr nebo Cutometr. [9]

5. Cutometer

5.1. Princip měření

Princip měření je založen na sací metodě. V přístroji je vytvořen negativní tlak, který vtáhne kůži do otvoru sondy, a po uplynutí stanoveného času se kůže uvolní. Uvnitř sondy je bezkontaktní optický systém, který určí hloubku průniku kůže. Tento optický měřicí systém se skládá ze zdroje světla a receptoru světla, a také z dvou hranolů naproti sobě, které promítají světlo z vysílače do přijímače. Intenzita světla se mění s hloubkou průniku pokožky. Odolnost kůže vůči podtlaku (pevnost) a jeho schopnost vrátit se do své původní polohy (elasticita) jsou zobrazeny jako křivky (hloubka v mm/čas) v reálném čase během měření. Tento princip měření umožňuje získat informace o elastických a mechanických vlastnostech povrchu kůže a umožňuje objektivně kvantifikovat stárnutí pleti. Z těchto křivek lze vypočítat zajímavé parametry měření. [10]



Obr. 7: Princip měření cutometerem [10]

5.2. Módy měření

Cutometer® MPA 580 nabízí čtyři různé měřicí režimy pro různé vědecké požadavky:

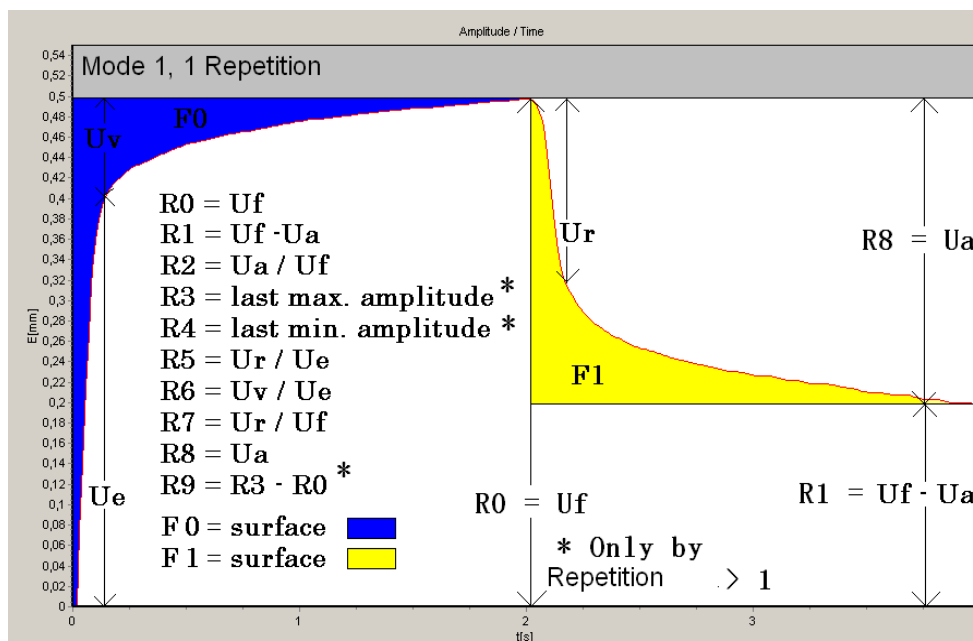
1. Měření s konstantním podtlakem
2. Měření s lineárně stoupajícím a klesajícím podtlakem
3. Měření s nejdříve stálým, pak lineárně klesajícím podtlakem
4. Měření s lineárně rostoucím podtlakem a pak náhlým zastavením negativního tlaku

Měření v módu 1 se ukázala být nejdůležitější. V literatuře nemají měření v módu 2, 3 a 4 žádný význam. Proto měřicí parametry, zejména oblastní parametry, byly speciálně vyvinuty pro křivky pořízené v módu 1.

Všechna měření jsou relativní měření, tzn. hloubka vniku kůže do sondy s aplikovaným tlakem je brána jako nulový základ pro měření. [10]

5.2.1. Mód 1

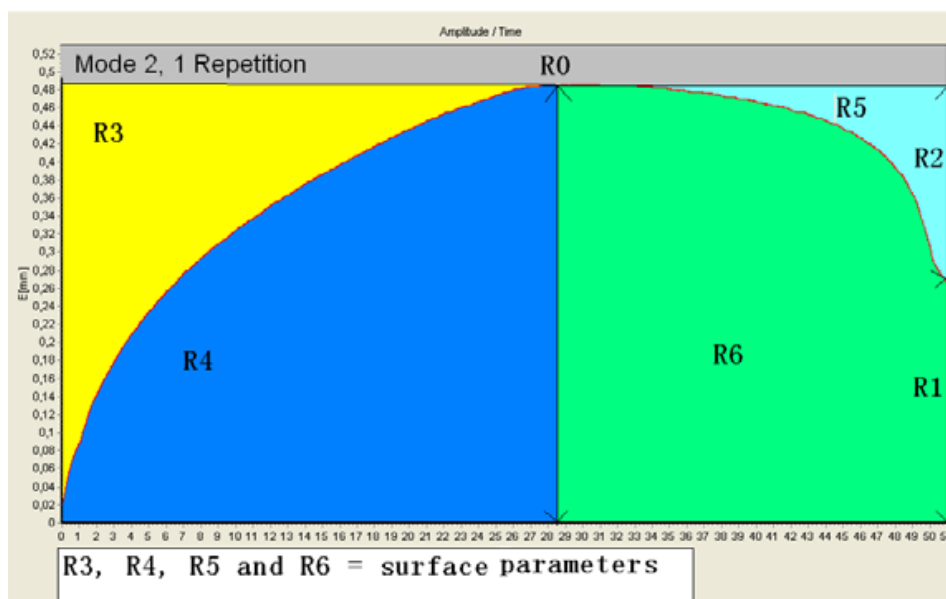
V tomto režimu je kůže během měření vtlačena do otvoru sondy konstantním podtlakem. Poté je podtlak vypnutý a kůže se vrací do svého původního tvaru. Křivka poukazuje na viscoelastické vlastnosti kůže. Křivka se skládá ze dvou částí – sací fáze a relaxační fáze. V první části sací fáze je sklon křivky téměř kolmý. Ve druhé části se křivka narovná až dosáhne maxima na konci sací fáze. [10]



Obr. 8: Mód 1 [10]

5.2.2. Mód 2

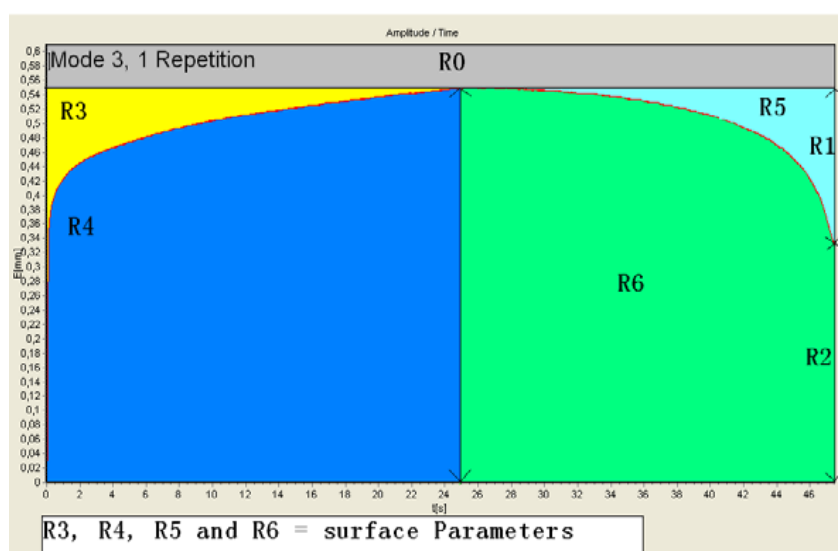
V tomto režimu je kůže vtlačena do otvoru lineárně rostoucím podtlakem, poté následuje lineárně klesající podtlak. Maximální tlak a rychlost změny tlaku, stejně jako relaxační čas se musí nastavit před každým měřením. Maximální podtlak se nastavuje v rozmezí 20 až 500 mbar. Podtlak se zvyšuje lineárně od 0 do maximálního podtlaku a opět se snižuje. Rychlost změny tlaku se nastavuje v rozmezí 10 a 100 mbar/s. Může se také nastavit relaxační čas. S výjimkou speciálních aplikací by se měl měřicí cyklus skládat pouze z jednoho měření. [10]



Obr. 9: Mód 2 [10]

5.2.3. Mód 3

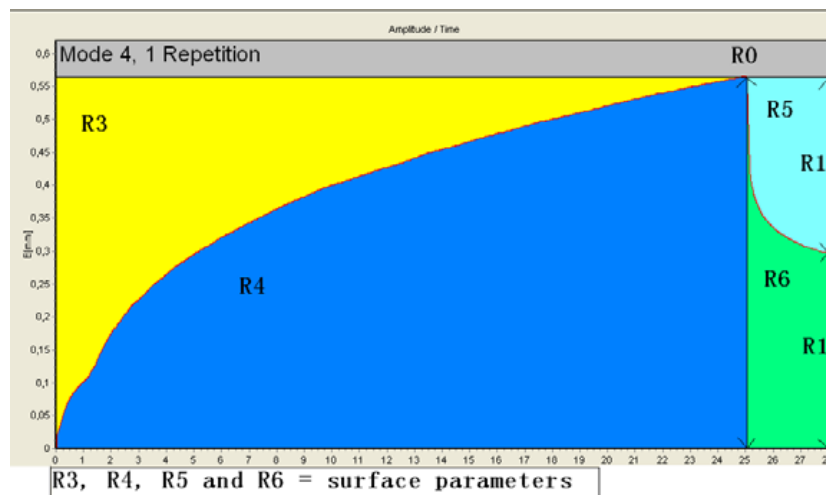
V tomto režimu je sloučena první fáze režimu 1 a druhá fáze režimu 2. Kůžka je konfrontována s plným negativním tlakem, který se postupně snižuje. Nastavení hodnot je stejné jako v režimu 2: gradient (rychlost, v mbar/s), negativní tlak (tlak v kPa) a relaxační doba (doba bez tlaku v s). [10]



Obr. 10: Mód 3 [10]

5.2.4. Múd 4

Múd 4 je kombinace první fáze módu 2 s druhou fází módu 1. Tato měření mohou být rovněž použita k vyvození závěrů o pružnosti a únavě kůže. Nastavení parametrů je stejné jako v módu 2 a 3. Opakování tohoto měření je možné díky kombinaci mírného sání a plného uvolnění. [10]



Obr. 11: Múd 4 [10]

5.3. Výpočty parametrů

Pro vyvozování závěrů o vlastnostech pokožky jsou nejdůležitější výsledky měření z módu 1, proto zde uvádím výpočty právě pro tento mód. [10]

5.3.1. R parametry

$R0 = e(a) = U_f$ – první max. amplituda, nejvyšší bod první křivky, má význam pro pevnost pokožky. Tento parametr představuje pasivní chování kůže vůči síle.

$R1 = e(a+b) = U_f - U_a$ – První min. amplituda, nejnižší bod první křivky (schopnost návratu do původního stavu).

$R2 = (e(a) - e(a+b)) / e(a) = U_a / U_f$ – část mezi max amplitudou a schopností redeformací kůže (hrubá elasticita). Velmi důležitý parametr.

$R3 = e((r \cdot a) + ((r-1) \cdot b))$ – max poslední. amplituda, nejvyšší bod v poslední křivce, srovnává se s max. amplitudou první křivky. "Únavné účinky" kůže jsou jasně patrné, amplituda se zvyšuje s každým novým odsáváním.

$R4 = e((a+b) \cdot r)$ – poslední min. amplituda, poslední měřicí bod, srovnává

se s min. amplitudou první křivky, "únavové účinky" kůže jsou viditelné, jako schopnost redeformace snižující se s každým novým sáním.

$R5 = (e(a) - e(a+0.1)) / e(0.1) = U_r / U_e$ – čistá pružnost. Čím je hodnota blíže 1 (100 %) tím je pružnější křivka.

$R6 = (e(a) - e(0.1)) / e(0.1) = U_V / U_e$ – část viskoelasticity na pružné části křivky. Čím nižší je hodnota vyšší je pružnost.

$R7 = (e(a) - e(a+0.1)) / e(a) = U_r / U_f$ – část pružnosti ve srovnání s kompletní křivkou, čím blíže hodnota je 1 (100%) tím je křivka pružnější.

$R8 = e(b) = U_a$ první křivky – čím blíže je U_a na 0, tím větší je schopnost kůže vrátit se do původního stavu.

$R9 = R3 - R0$ – představuje únavové účinky na kůži po opakovaném sání na kůži. Čím je menší $R9$, tím jsou menší únavové účinky. [10]

I_s, I_r – inflexní body křivky, které oddělují elastické a viskoelastické části křivky. [7]

5.3.2. Oblastní parametry

Tyto parametry lze vypočítat pouze pro křivky přijaté v módu 1 a některé z nich potřebují deset měření.

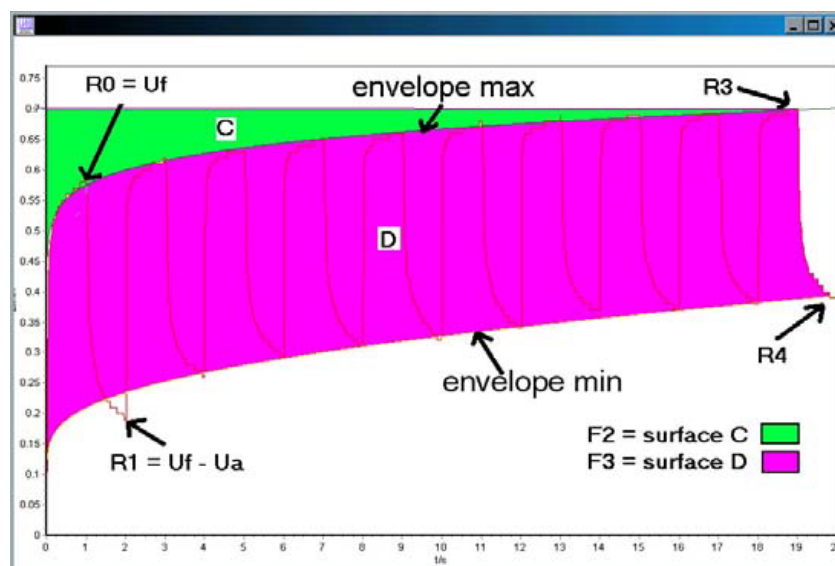
$F0$ – plocha uvnitř obdélníku ($U_f \cdot \text{sací čas}$). Tato oblast je odečtena z celkové plochy (max. amplituda obdélníku a čas). Zcela elastický materiál neukáže žádnou oblast, čím blíže je hodnota rovna 0, tím je materiál pružnější.

$F1$ – plocha uvnitř obdélníku ($U_f \cdot \text{relaxační čas}$). Tato oblast je odečtena od celkové plochy (max. amplituda obdélníku a čas). Pro zcela elastický materiál se zobrazí celá plocha (celková plocha a $F1$ jsou stejné), čím jsou hodnoty pro celkovou plochu – $F1$ blíže k nule, tím je materiál pružnější.

$F2$ – plocha nad horní obálkou křivky. (Oblast C v obr. 12)

$F3$ – plocha v rámci obálky křivky. (Oblast D v obr. 12)

$F4$ – plocha v rámci obalové křivky a pod ní $1 - F2 = F4$. Čím menší $F4$, tím více kůže odolává sání (pevnosti pokožky). [10]



Obr. 12: Oblastní parametry F2 a F3 [10]

5.3.3. Q parametry

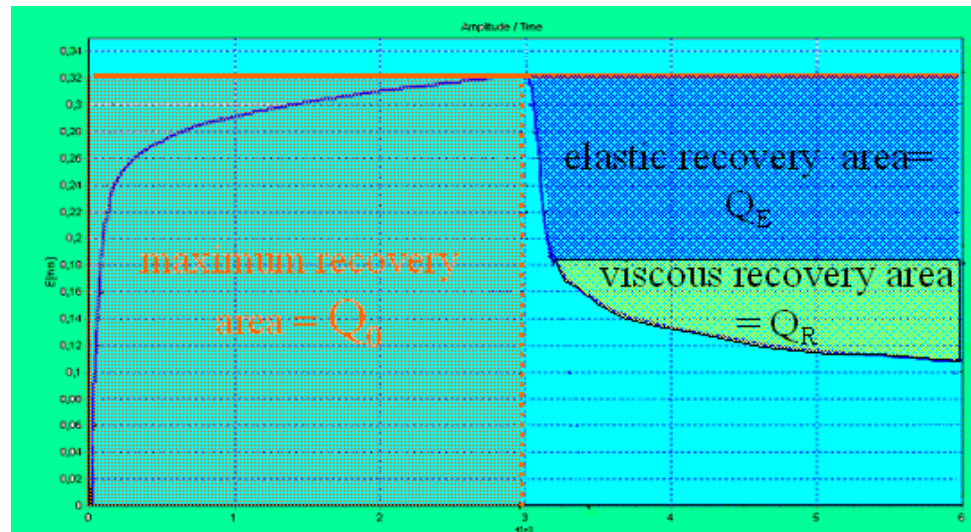
Q parametry jsou pojmenované po vynálezci Di Qu z USA. Q parametry má význam počítat pouze pro režim 1 se stejnou dobou sání a relaxace.

Q0 – plocha pod nejvyšším bodem (R0) na křivce. Je to maximální oblast obnovení, pokud by byl materiál 100% elastický.

QE – oblast elastické obnovy kůže.

QR – oblast viskózní obnovy kůže. Tato oblast by měla být stejná pro každého.

K získání oblastí QE a QR se musí vytvořit tečna v grafu přes nejvyšší bod R0. Inflexní bod je bod, kde se tečna liší od grafu. V tomto bodě je oblast grafu rozdělena na oblast QE a QR.



Obr. 13: Q parametry [10]

Výpočet jednotlivých Q parametrů je následující [10]:

$$Q1 = (Q_E + Q_R) / Q_0$$

$$Q2 = Q_E / Q_0$$

$$Q3 = Q_R / Q_0$$

6. Návrh a realizace software pro automatickou analýzu kutometrických měření

6.1. Rozbor stávajícího řešení

Pro vyhodnocení stavu popáleninových jizev na Popáleninovém centru ve Fakultní nemocnici Ostrava (PC FNO) se používá přístroj Cutometer® MPA 580 (dále jen Cutometer) od firmy Courage + Khazaka electronic GmbH. Přístroj je primárně určen pro kosmetický průmysl, proto se při používání přístroje ke zhodnocení popáleninových jizev setkáme s nedostatky softwaru dodávaného výrobcem, a to hlavně při potřebách rychlého zobrazení naměřených křivek a parametrů z více dat.

Vyhodnocení přínosu léčby v současné době je prováděno následovně. Z důvodu reprodukovatelnosti měření je pacientovi na popáleninovou jizvu přiložena transparentní folie, na které jsou individuálně zakreslena místa, kde se bude kutometrem měřit, viz obr. 14.



Obr. 14: Ukázka použití transparentní folie při měření kutometrem [7]

Pomocí softwaru dodávaného výrobcem jsou naměřeny křivky (max. 4 pro jedno měření). Program nameřené křivky zobrazí a umožní uložení hodnot ve formátu *.xls. Pro další zpracování dat je nutné ze *.xls souboru požadovaná data vyextrahovat a uložit si je do vlastního souboru, kde pak s daty můžeme dále pracovat. Pro pacienta, který je např. na 3. měření, přičemž každé měření obsahuje měření na čtyřech lokacích, to představuje vygenerování celkem 12 ti xls souborů z přístroje Cutometer a dále vyextrahování požadovaných dat (i několik parametrů) z těchto 12 ti souborů. Následovně je potřeba vybraná data přepsat do podoby vhodné ke statistickému zpracování programem Mathematica®. To představuje nežádoucí práci, která je časově velmi náročná a způsobuje tak nedostatečné využití potenciálu vyhodnocování dat pomocí Cutometru.

6.2. Požadavky na software

Z důvodu výše uvedených komplikací při klinickém vyhodnocování naměřených dat vznikly ve spolupráci s Popáleninovým centrem Fakultní nemocnice Ostrava (PC FNO) následující požadavky na software:

1. Možnost zobrazení naměřených křivek s umožněním výběru pacienta, naměřených dat a jednotlivých křivek s možností zobrazení křivek různých pacientů či měření v jednom grafu.
2. Možnost zobrazení vypočítaných parametrů z naměřených křivek, rovněž s umožněním výběru pacienta, naměřených dat a jednotlivých křivek a parametrů s možností zobrazení parametrů různých pacientů či měření v jednom grafu.
3. Možnost statistického zpracování vypočítaných parametrů z naměřených dat pro klinické účely PC FNO s možností výběru porovnávaných parametrů.

Vytvořený program byl nazván `Cutometer_automated_analysis`.

6.3. Instalace a spouštění programu

Program byl vytvořen v programu Matlab R2013a, pro běh programu tento software není vyžadován. Program se instaluje pomocí `Cutometer_automated_analysis_pkg.exe` ve složce `Cutometer_automated_analysis_Installer` a po nainstalování se spouští pomocí `Cutometer_automated_analysis.exe`.

6.4. Struktura programu

Po spuštění souboru `Cutometer_automated_analysis.exe` se zobrazí hlavní panel s možností výběru požadované funkce: Zobrazení křivek, Zobrazení parametrů, Statistické zpracování. Je zde ovládací prvek Návod pro zobrazení návodu, jak s programem pracovat. Funkce jednotlivých podprogramů je popsána v následujících podkapitolách.

6.4.1. Zobrazení křivek

Podprogram Zobrazení křivek (`Display_Curves`) umožňuje zobrazení naměřených křivek.

V panelu Jméno a příjmení jsou načtena jména a příjmení ze souboru `Client.DBF`, což je databáze pacientů vytvořená softwarem dodávaným k přístroji Cutometer. Po vybrání příslušného pacienta program vyhledá jeho identifikační číslo přiřazené v souboru `Client.DBF` a toto číslo vyhledá v souboru `Win_CT.DBF`, což je databáze rovněž vytvořená softwarem dodávaným k přístroji Cutometer a obsahuje názvy souborů jednotlivých měření i vypočítané parametry jednotlivých křivek.

Po vyhledání identifikačního čísla v souboru Win_CT.DBF program vyhledá jednotlivá měření a zobrazí jejich název v panelu Naměřená data ve formátu *datum komentář*, kde datum znamená den, měsíc a rok měření a komentář znamená informaci o měření, zpravidla lokaci měření, zaznamenanou personálem v PC FNO při měření přístrojem Cutometer. Po výběru naměřených dat v panelu Naměřená data program vyhledá v souboru Win_CT.DBF názvy křivek odpovídající přechozímu výběru, zpravidla 4 soubory odpovídající křivkám 1, 2, 3 a 4. V panelu křivky lze potom vybrat požadované křivky k zobrazení, v panelu Zobrazení dat můžeme křivky zobrazit až ve třech grafech, je umožněno i dodatečné přidávání křivek např. od jiných pacientů. V tomto panelu jsou rovněž ovládací prvky Graf 1 – Graf 3 sloužící k vymazání příslušného grafu. Zobrazené grafy lze zobrazit v samostatném okně pomocí ovládacího prvku Zobrazit/Uložit graf, ve kterém je možné i uložení grafu v různých formátech.

6.4.2. Zobrazení parametrů

Podprogram Zobrazení parametrů (Display_parametres) umožňuje zobrazení parametrů vypočítaných z naměřených křivek.

Načtení dat probíhá stejně jako u podprogramu Zobrazení křivek. Je zde ale přidán panel Vybraná data, který zobrazuje požadovaná naměřená data přidána pomocí ovládacího prvku ---> nebo odebrána pomocí ovládacího prvku <---. Data v panelu Vybraná data budou zobrazena v jednom grafu pomocí ovládacího prvku Zobrazit data v panelu Zpracování dat, vykresleny jsou jen potřebné křivky a parametry vybrané pomocí checkboxů. Toto zobrazení umožňuje rychlé vizuální porovnání parametrů. Pomocí ovládacího prvku Uložit data v panelu Zpracování dat jsou vypočítané parametry pro jednotlivá měření uložena do textového souboru pod názvem ve formátu *vybraná data_křivka parametr*, kde *vybraná data* představují názvy vybrané v panelu Vybraná data a *křivka parametr* představuje vybrané číslo křivky a parametr. Tento textový soubor obsahuje hodnoty vybraných dat ve formátu vhodném pro zpracování programem Mathematica® používaným na PC FNO pro statistické zpracování dat. Graf lze zobrazit v samostatném okně pomocí ovládacího prvku Zobrazit/Uložit graf, ve kterém je možné i uložení grafu v různých formátech.

6.4.3. Statistické zpracování

Podprogram Statistické zpracování slouží ke statistickému zpracování dat pro klinické účely v rozsahu požadavků PC FNO.

Načítání a výběr dat probíhá jako u předchozích podprogramů. Jsou zde 4 panely pro vybraná data, Vybraná data 1 – Vybraná data 4, kam pomocí ovládacích prvků Přidat 1. data – Přidat 4. data v panelu Přidání dat přidáváme data, která chceme dále zpracovávat. Pomocí ovládacích prvků

Vymazat vybraná data 1 – Vymazat vybraná data 4 lze vymazat data v panelech pro vybraná data. V rámci statistického zpracování dat jsou k dispozici následující testy:

1. Pro Vybraná data 1 – Vybraná data 2:

a) Mannův–Whitneyův test

Mannův–Whitneyův test je neparametrickým testem o shodě mediánů. Necht' X_1, X_2 až X_{n_1} a Y_1, Y_2 až Y_{n_2} jsou dva nezávislé výběry ze spojitých rozdělení se stejným rozptylem a tvarem. Označení výběrů se volí tak, aby platilo $n_1 = n_2$. Testujeme nulovou hypotézu o shodě mediánů. [12]

b) Spearmanův koeficient pořadové korelace

Spearmanův koeficient pořadové korelace je bezrozměrné číslo, které udává statistickou závislost (korelaci) mezi dvěma veličinami. Používá se v případě, že chceme analyzovat závislost dvou ordinálních znaků. [13]

c) Kendallův test

Kendallův test je neparametrická metoda matematické statistiky. Jedná se o normalizaci Fridmannova testu a může být používán pro posouzení shody hodnocení jednotlivých hodnotitelů. Kendallův test nečiní žádný předpoklad o povaze Pravděpodobnostního rozdělení a může zpracovat jakýkoli počet jednotlivých výsledků. [12]

d) Studentovo t rozdělení

Studentovo t rozdělení má uplatnění zejména při modelování založeném na analýze malých výběrů. Užívá se k testování hypotéz o střední hodnotě, pokud je rozptyl základního souboru neznámý a výběr pochází z normálního rozdělení. Dále se užívá k testování hypotéz o shodě středních hodnot, za předpokladu, že máme k dispozici dva nezávislé výběry z normálních rozdělení, jejichž rozptyly jsou neznámé, ale shodné. Rozdělení je také vhodným prostředkem pro analýzu výsledků regresní analýzy. [12]

2. Pro Vybraná data 1 – Vybraná data 4:

a) Friedmanův test

Friedmanův test, obdobně jako Kruskalův-Wallisův test, slouží k testování hypotézy o shodě mediánů více než dvou souborů. Na rozdíl od Kruskalova-Wallisova testu je však Friedmanův test určen pro porovnání výběrů závislých. [12]

b) Kruskalův–Wallisův test

Tento test je neparametrickou obdobou jednofaktorové analýzy rozptylu, proto se mu někdy říká neparametrická ANOVA. Bývá používán tehdy, chceme-li srovnávat střední hodnoty více než dvou nezávislých souborů na základě výběrů nesplňujících předpoklady pro použití parametrické analýzy rozptylu (zejména normalitu). Tak jako je analýza rozptylu vícevýběrovým testem shody středních hodnot, Kruskalův–Wallisův test je vícevýběrovým testem shody mediánů. [12]

V programu Matlab byly jednotlivé testy určeny pomocí následujících příkazů:

Mannův–Whitneyův test

```
[p,h] = ranksum(vybrana data 1,vybrana data 2)
```

Spearmanův koeficient pořadové korelace

```
[RHO,PVAL] = corr(vybrana data 1,vybrana data 2),'type','spearman')
```

Kendallův test

```
[RHO,PVAL] = corr(vybrana data 1,vybrana data 2),'type','Kendall')
```

Studentovo t rozdělení

```
[h,p] = ttest (vybrana data 1,vybrana data 2)
```

Friedmanův test

```
[p,table] = friedman(vybrana data 1,vybrana data 2,vybrana data 3,vybrana data 4)
```

Kruskalův–Wallisův test

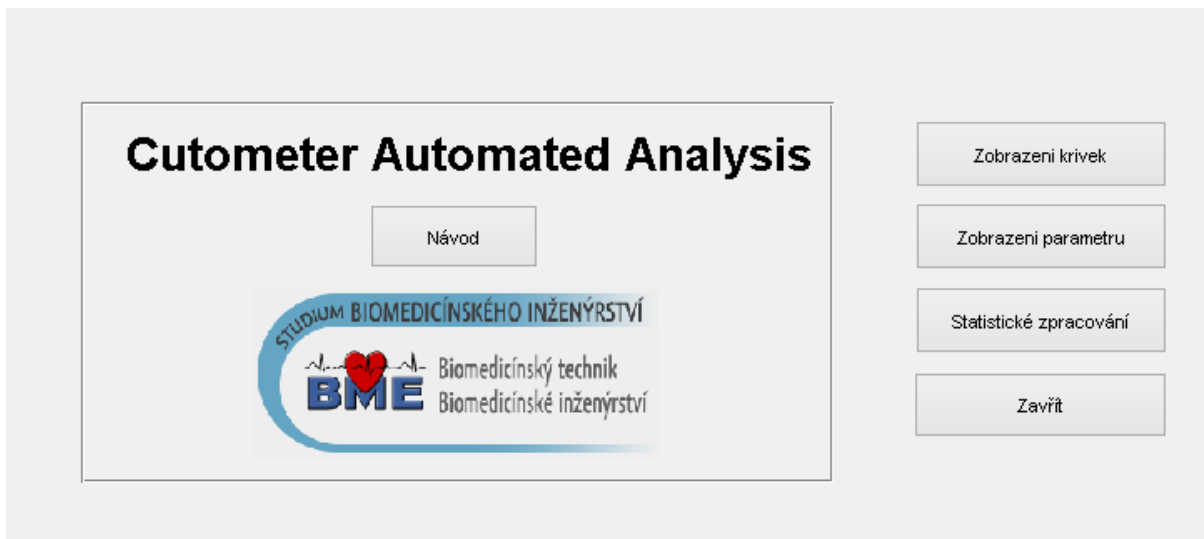
```
p = kruskalwallis(vybrana data 1,vybrana data 2,vybrana data 3,vybrana data 4)
```

6.5. Uživatelské rozhraní programu

Tato část práce slouží k vysvětlení možností programu pro uživatele.

6.5.1. Cutometer automated analysis

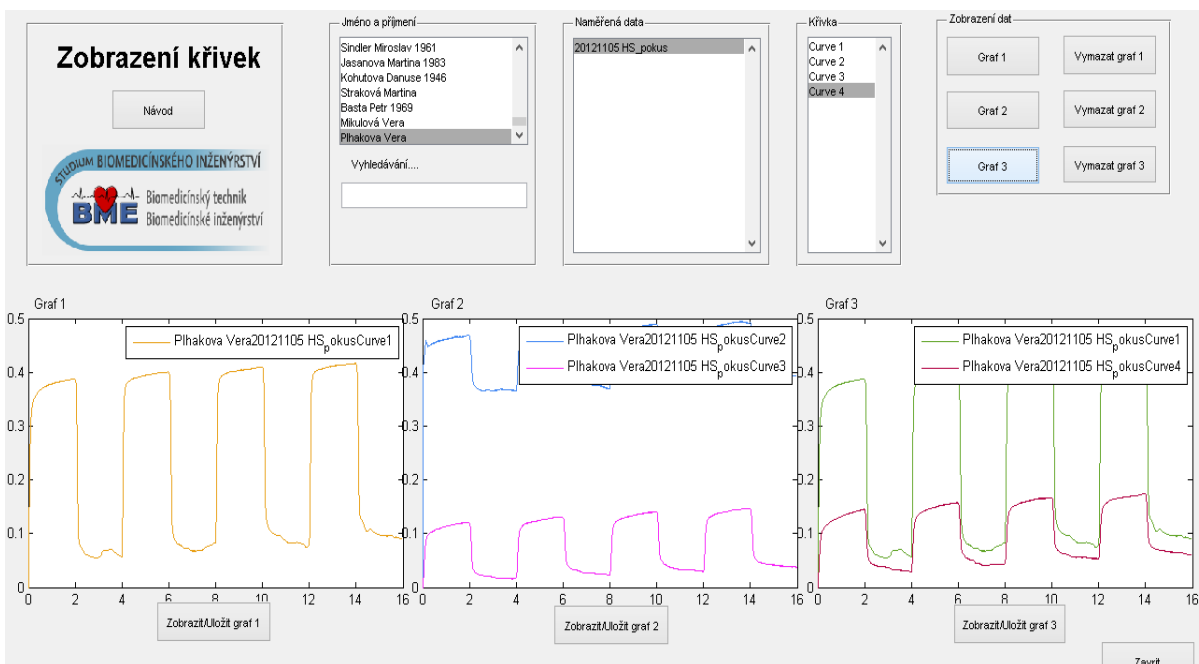
Po spuštění programu pomocí Cutometer_automated_analysis.exe se zobrazí hlavní rozhodovací panel s možností výběru požadované funkce programu pomocí ovládacích prvků, viz obr. 15. Je zde také ovládací prvek Návod, po jehož stisknutí se zobrazí podrobný uživatelský manuál.



Obr. 15: Hlavní panel

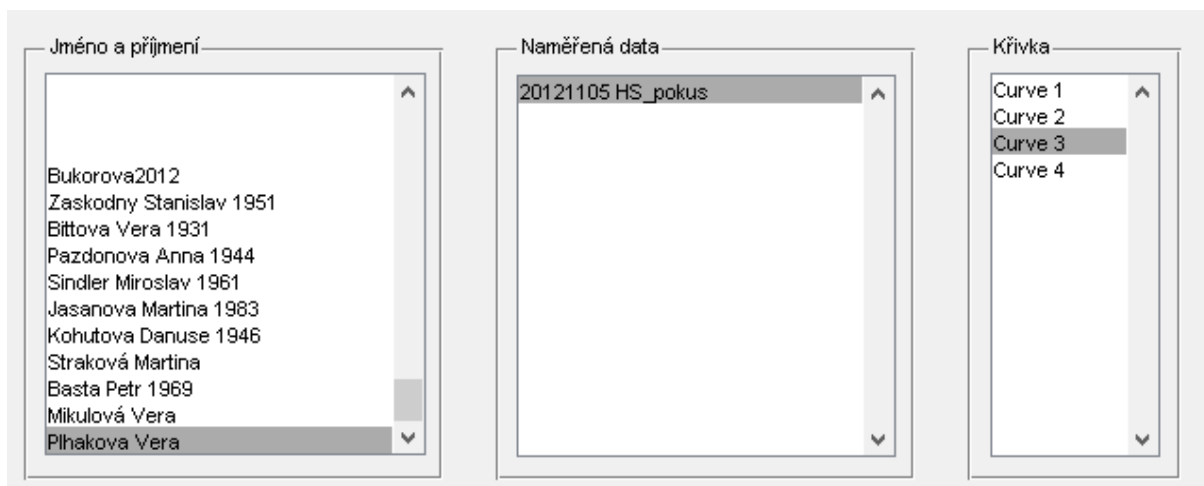
6.5.2. Zobrazení křivek

Po stisknutí ovládacího prvku Zobrazení křivek na hlavním panelu se zobrazí samostatný panel Zobrazení křivek, viz obr. 16



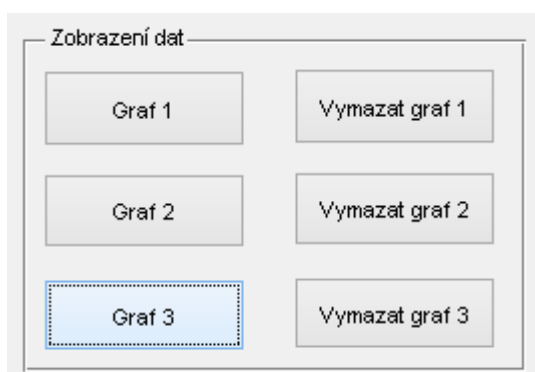
Obr. 16: Panel Zobrazení křivek

Nejdříve je třeba vybrat požadovaného pacienta v části Jméno a příjmení, po výběru pacienta se v části Naměřená data zobrazí všechna měření, která byla u vybraného pacienta naměřena.

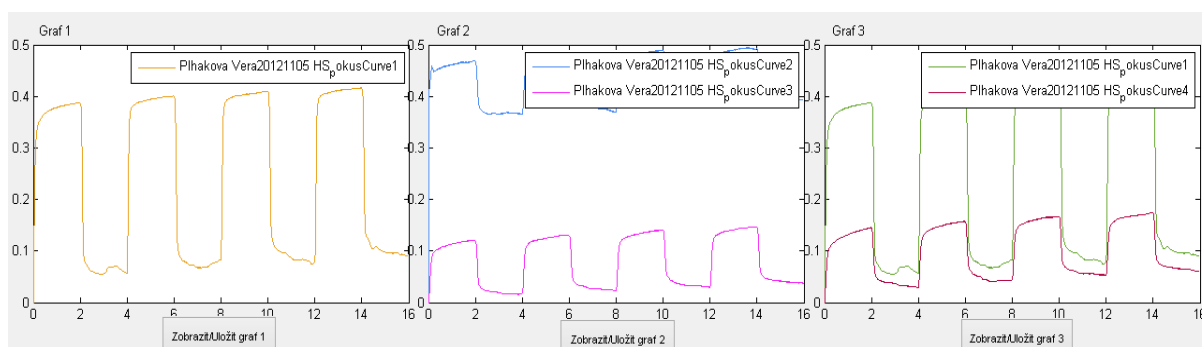


Obr. 17: Část výběru dat

Pokud máme vybraná data, vybereme si křivku, kterou chceme zobrazit a vykreslíme do příslušného grafu pomocí ovládacího prvku Graf 1 – Graf 3 v části Zobrazení dat, viz obr. 18. Pokud chceme do příslušného grafu vykreslit další křivku pro účely srovnávání, postupujeme stejně jako u výběru první křivky, křivka bude přikreslena do požadovaného grafu. Pokud chceme křivky v grafu vymazat, použijeme příslušný ovládací prvek Vymazat graf v části Zobrazení dat.

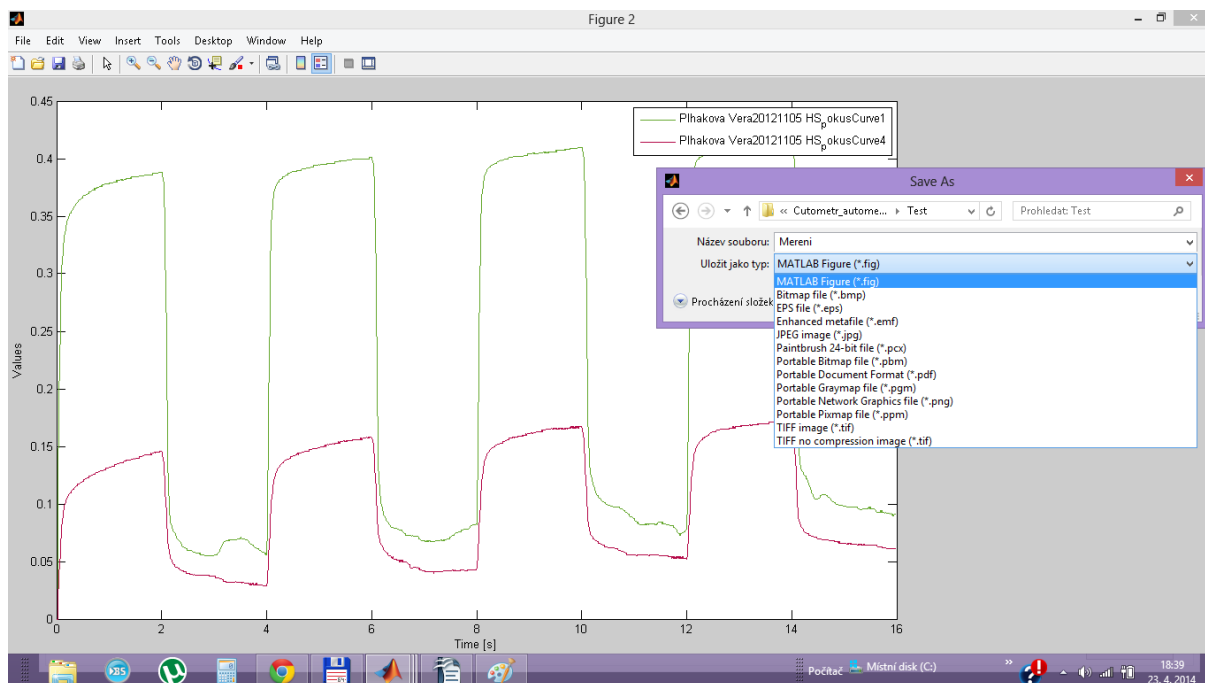


Obr. 18: Část Zobrazení dat



Obr. 19: Část s grafy

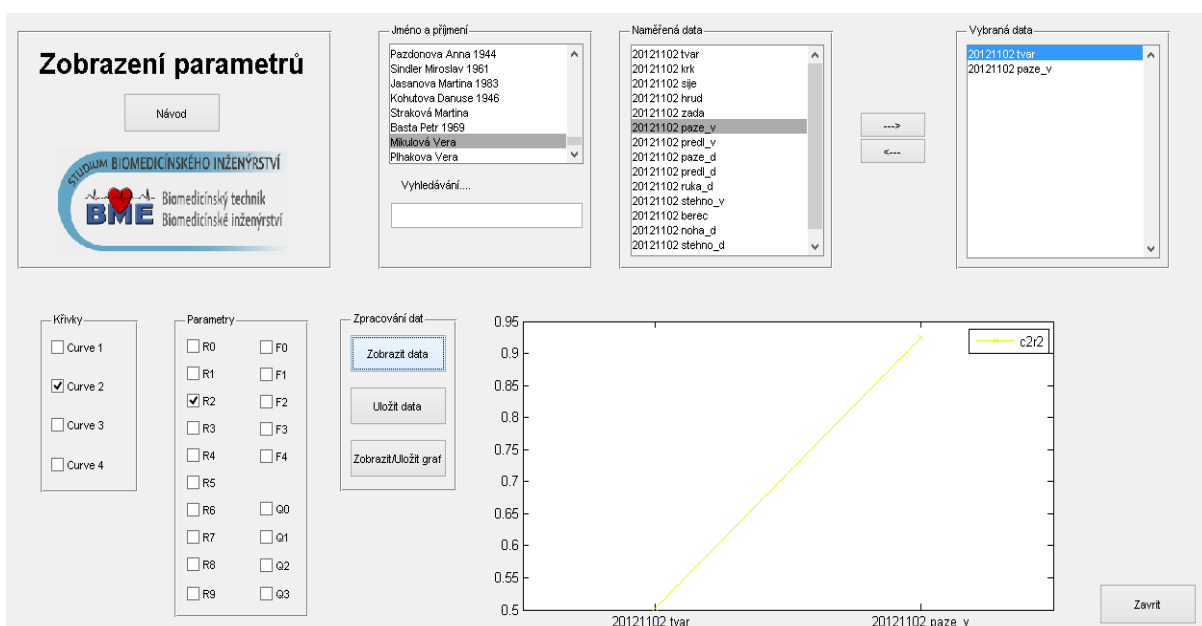
Pro zobrazení křivek jsou k dispozici 3 grafy. Pod každým grafem je ovládací prvek Zobrazit/Uložit graf, které slouží k zobrazení grafu v samostatném okně, kde máme možnost uložení grafu v různých formátech, např. *.jpg, *.png nebo *.bmp, viz obr 20. Pro zavření panelu Zobrazení křivek slouží ovládací prvek Zavřít.



Obr. 20: Ukázka naměřených křivek zobrazených v samostatném okně s možností výběru formátu uložení

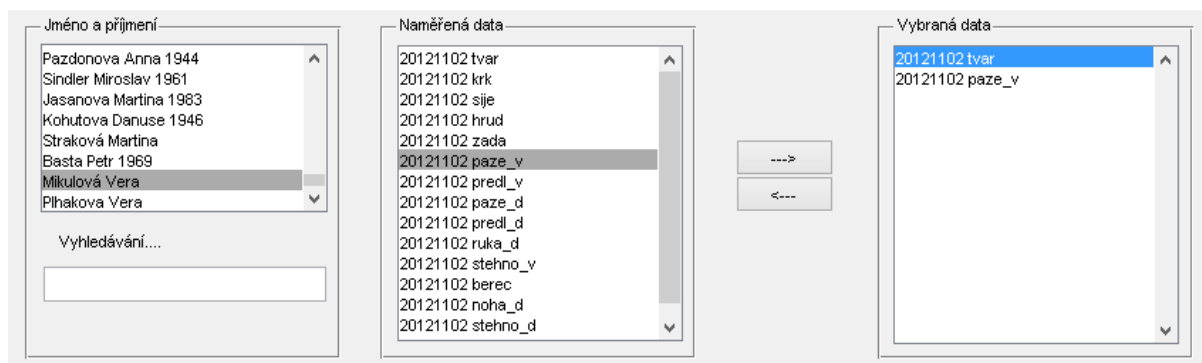
6.5.3. Zobrazení parametrů

Po stisknutí ovládacího prvku Zobrazení parametrů na hlavním panelu se zobrazí samostatný panel Zobrazení parametrů, viz obr. 21.



Obr. 21: Panel Zobrazení parametrů

Nejdříve je třeba vybrat pacienta a požadované měření, stejně jako u předchozího panelu. Pro lepší vizualizaci spočítaných parametrů je zde část Vybraná data, do které pomocí ovládacích prvků ---> a <--- přidáváme nebo odebíráme naměřená data, u kterých chceme porovnávat jednotlivé parametry.



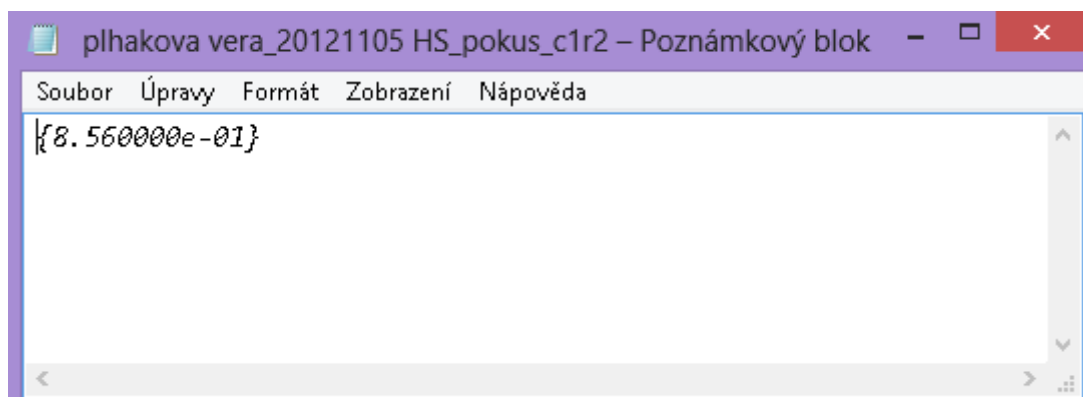
Obr. 22: Část pro výběr dat

Po vybrání dat k zobrazení si zvolíme které parametry kterých křivek chceme srovnávat, pro zobrazení parametru použijeme ovládací prvek Zobrazit data v části Zpracování dat. Pro zobrazení křivek v samostatném okně použijeme ovládací prvek Zobrazit/Uložit graf.



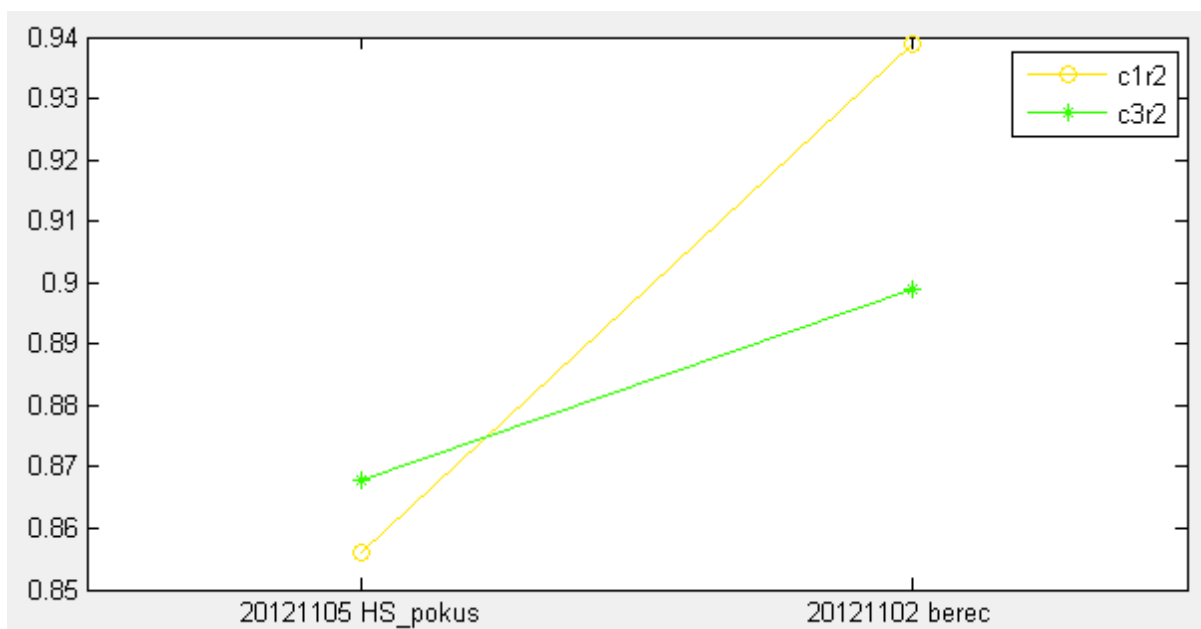
Obr. 23: Část pro výběr křivek a parametrů a část Zpracování dat

Pro účely dalšího zpracování dat slouží ovládací prvek Uložit data, které uloží hodnoty parametrů do textového souboru, viz obr. 24.



Obr. 24: Příklad uložených dat

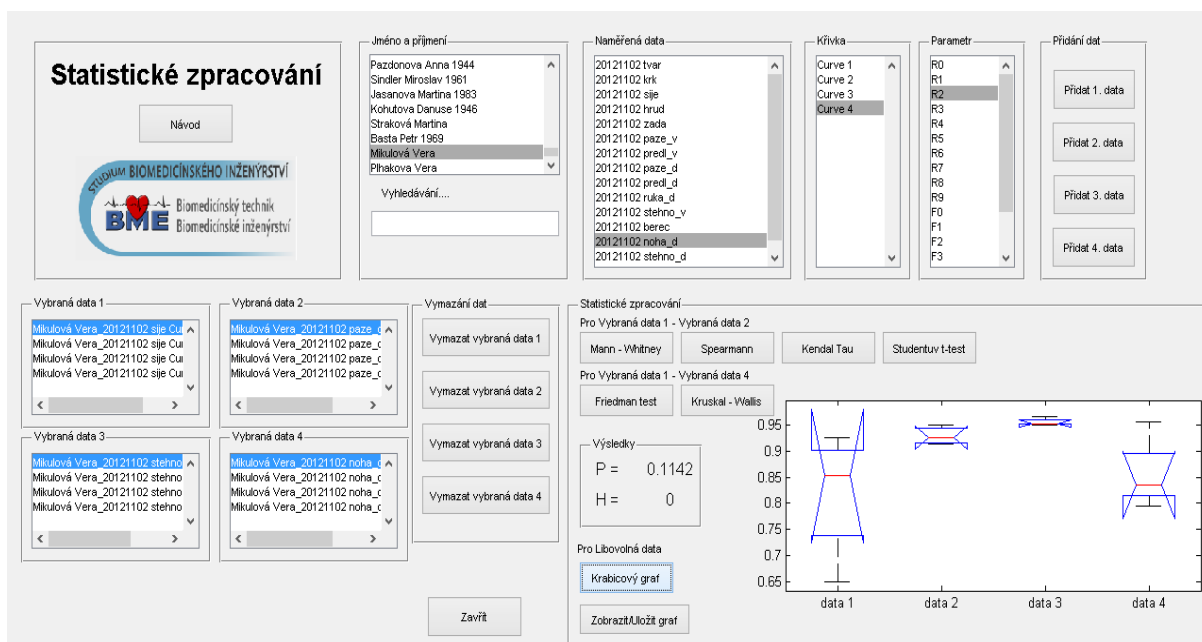
Ukázka grafu se zobrazenými parametry je na obr. 25. Na ose X se nacházejí názvy jednotlivých měření, na ose Y jsou naměřené hodnoty. V pravém rohu je zobrazena legenda.



Obr. 25: Ukázka grafu

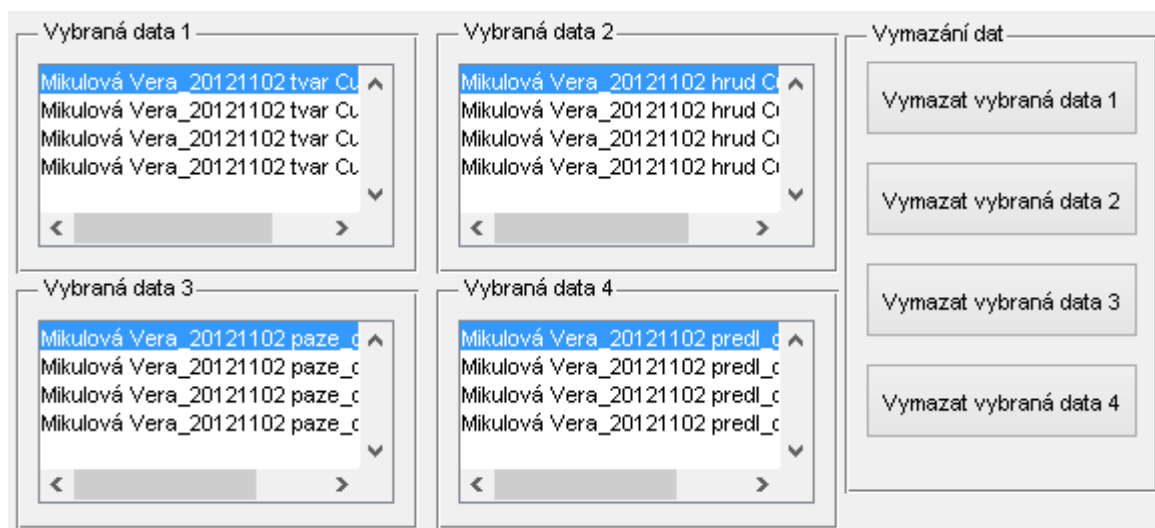
6.5.4. Statistické zpracování

Po zvolení Statistické zpracování pomocí ovládacího prvku na hlavním panelu se zobrazí samostatný panel Statistické zpracování, viz obr. 26.



Obr. 26: Panel Statistické zpracování

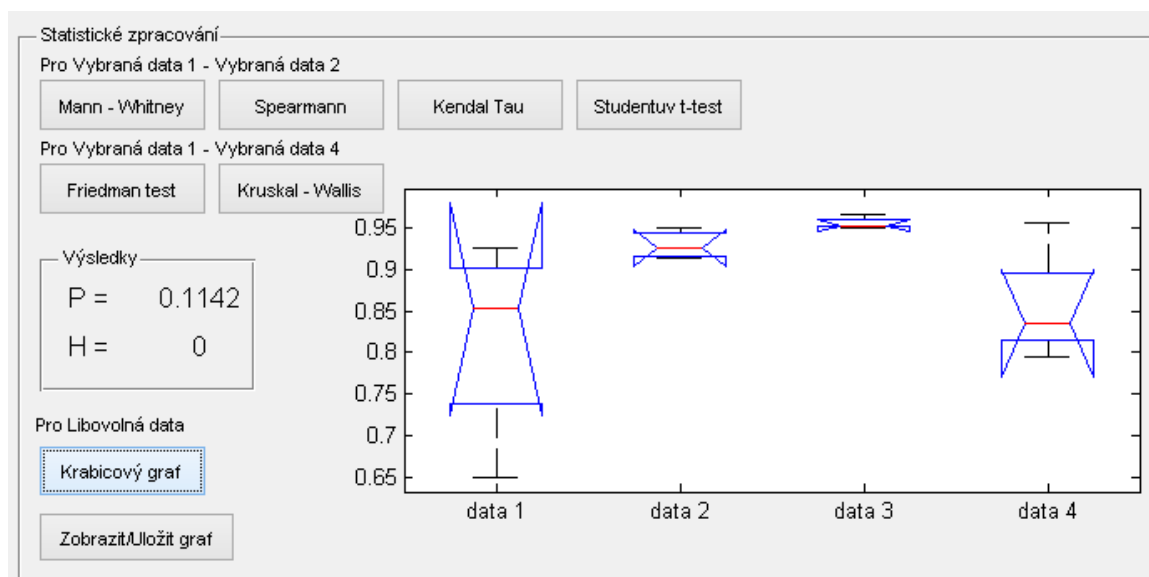
Výběr pacienta a naměřených dat je stejný jako v předchozích panelech. Po vybrání požadovaných dat ke statistickému zpracování si vybereme křivku a parametr, který chceme přidat do zkoumaných dat. Poté požadovaný výběr přidáme do části s vybranými daty Vybraná data 1–4 pomocí ovládacích prvků Přidat 1 data – Přidat 4 data v části Přidání dat. Tak je zaručena maximální volnost při výběru dat pro následné zpracování pro klinické účely ve PC FNO. Vybraná data lze vymazat pomocí ovládacích prvků Vymazat vybraná data 1–4.



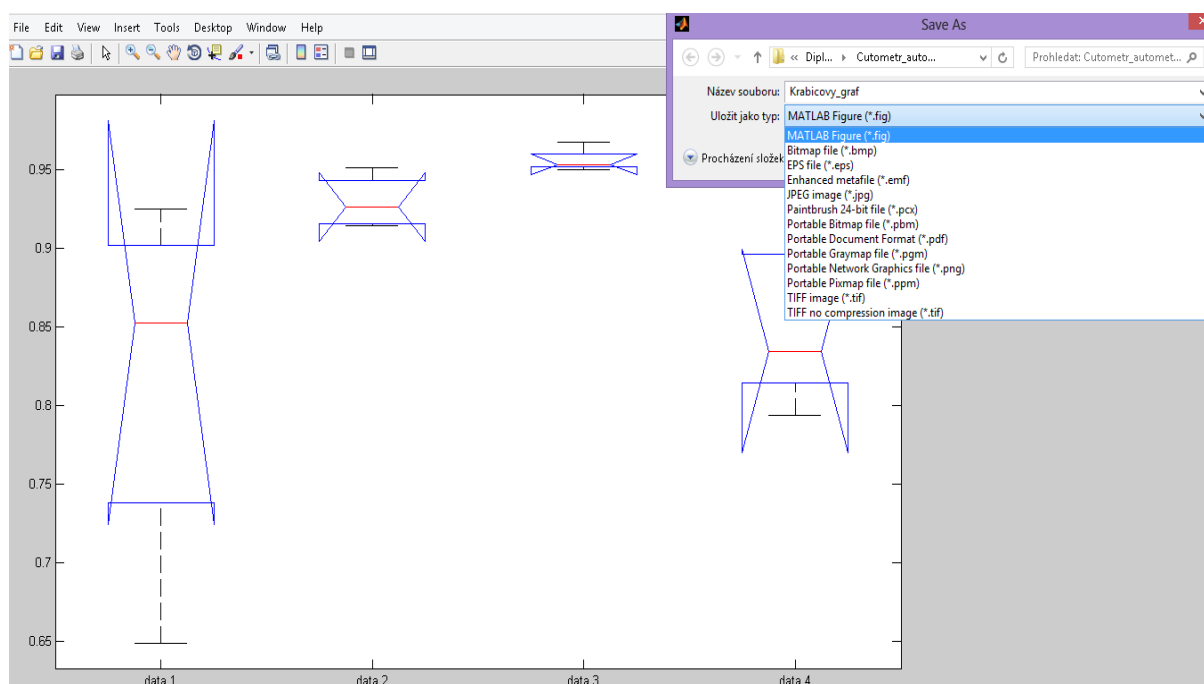
Obr. 27: Část pro přidání dat a vybraná data

Část Statistické zpracování slouží pro rychlé klinické zhodnocení dat. Pro Vybraná data 1 – Vybraná data 2 můžeme zvolit Mannův–Whitneyův test, Spearmanův test, Kendalův Tau test a Studentův t-test. Pro Vybraná data 1 – Vybraná data 4 můžeme zvolit Friedmanův test a

Kruskalův–Wallisův test. Výsledky jednotlivých testů jsou zobrazovány v části Výsledky. Tyto výsledky z jednotlivých testů jsou určeny pouze pro rychlé klinické zhodnocení účinnosti léčby, rozhodně nejsou určeny pro závěry výzkumných činností.



Obr. 28: Část pro statistické zpracování



Obr. 29: Ukázka krabicových grafů zobrazených v samostatném okně s možností výběru formátu uložení

Dále je zde možnost zobrazení krabicového grafu pomocí ovládacího prvku Krabicový graf. Tento graf je možné, stejně jako v panelu Zobrazení křivek, zobrazit v samostatném okně. V tomto okně je možné graf uložit v požadovaném formátu.

7. Testování programu

Tvorba, úpravy a testování programu Cutometer_automated_analysis probíhalo průběžně na PC FNO. Závěrečné testování proběhlo 2. 5. 2014. Během testování byl nainstalován program Cutometer_automated_analysis na počítač, na kterém je nainstalován software pro měření přístrojem Cutometer. Program byl nainstalován do složky obsahující databázové soubory vytvořené a aktualizované softwarem Cutometeru. Byla otestována funkčnost programu, načítání dat, zobrazení dat a statistické zpracování dat pro účely klinického srovnání.

Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo vytvoření funkčního řešení načítání a zobrazování dat pro rychlou a efektivní klinickou evaluaci popáleninových jizev měřených pomocí přístroje Cutometer a umožnění ukládání dat ve formátu vhodném pro statistické zpracování pro účely studií a experimentů.

Před vytvořením programu Cutometer_automated_analysis probíhala extrakce dat velmi zdoluhavě a pracně. Vytvořený program umožňuje rychlé načtení jmen pacientů, názorný výběr požadovaných měření a ucelené zobrazení požadovaných křivek nebo parametrů. Program byl navržen tak, aby umožňoval co nejvyšší variabilitu v možnostech porovnávání výsledků měření, jako např. porovnávání výsledků z různých dat měření u jednoho pacienta, tak i výsledků z jednoho časového úseku u různých pacientů. Takto může klinik získat grafy a výsledky, které právě potřebuje bez nutnosti zdoluhavého vyhledávání a kopírování hodnot. Vybrané parametry lze uložit do textového souboru v takovém formátu, který umožňuje bez dalších úprav statistické zpracování pomocí programu Matematica® pro účely analýz výsledků klinických studií a experimentů.

Funkčnost vytvořeného programu byla testována na PC FNO. Program významně usnadní extrakci dat a práci s ním jak pro klinika, tak i pro pacienta, který se může rychleji seznámit s výsledky léčby. Vyvinutá verze programu Cutometer_automated_analysis 1.0.0 je vyvinuta tak, aby bylo možné na základě požadavků klinické praxe implementovat další funkční prvky.

Seznam použité literatury

- [1] ČIHÁK, R. *Anatomie 3*, 1. vydání, Praha: Grada Publishing – Avicenum, 1977, 655 s.
- [2] HENDRIKS, F.M. *Mechanical Behaviour of Human Skin in Vivo A Literature Review*, [online Unclassified Report] 2001.[cit.2012-10-25],
<http://reference.kfupm.edu.sa/content/m/e/mechanical_behaviour_of_human_skin_in_vi_118914.pdf>
>
- [3] TROJAN S., *Lékařská fyziologie*, 4. vydání, Praha: Grada Publishing, 2003, 772 s., ISBN 80-247-0512-5
- [4] MAČÁK J., MAČÁKOVÁ J., *Patologie*, Praha: Grada Publishing, 2009, 376 s., ISBN 978-80-247-0785-3
- [5] WIKISKRIPTA, *Poranění chladem*, [online],
<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Poranění_chladem>
- [6] SOJKOVÁ, A., *Pokus o komplexní pohled na problematiku jizvy: Atestační práce z oboru rehabilitace a fyzikální medicíny*, Lázně Hodonín, 2006. [online] <www.lecebne-lazne.cz/storage/get/403-problematika-jizvy.doc>
- [7] KLOSOVÁ H., ŠTĚTINSKÝ J., BRYJOVÁ I., HLEDÍK S., KLEIN L., *Objective evaluation of the effect of autologous platelet concentrate on post-operative scarring in deep burns*. Burns. 2013, vol. 39, issue 6, s. 1263-1276. DOI: 10.1016/j.burns.2013.01.020.
- [8] NEDELEC B, SHANKOWSKY A, TREDGETT EE. *Rating the resolving hypertrophic scar: comparison of the Vancouver Scar Scale and scar volume*, Journal of Burn Care and Rehabilitation 2000;21:205-12.
- [9] KAMOLZ L. P., JESCHKE M. G., HORCH R. E., KÜNTSCHER. BRYCHTA P., *Handbook of Burns Volume 2: Reconstruction and Rehabilitation*, Vídeň: Springer-Verlag, 2012, ISBN 978-3-7091-0314-2
- [10] COURAGE+KHAZAKA ELECTRONIC GMBH, *Information and Operating Instructions for the Cutometer® MPA 580 and the software Cutometer® MPA Q*, Manuál k přístroji. 2010.
- [11] BRYJOVÁ, I., Mailová komunikace, April 2014
- [12] LITSCHMANNOVÁ M., *Úvod do statistiky*, Ostrava, 2011, [online]
<mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod_do_statistiky.pdf>

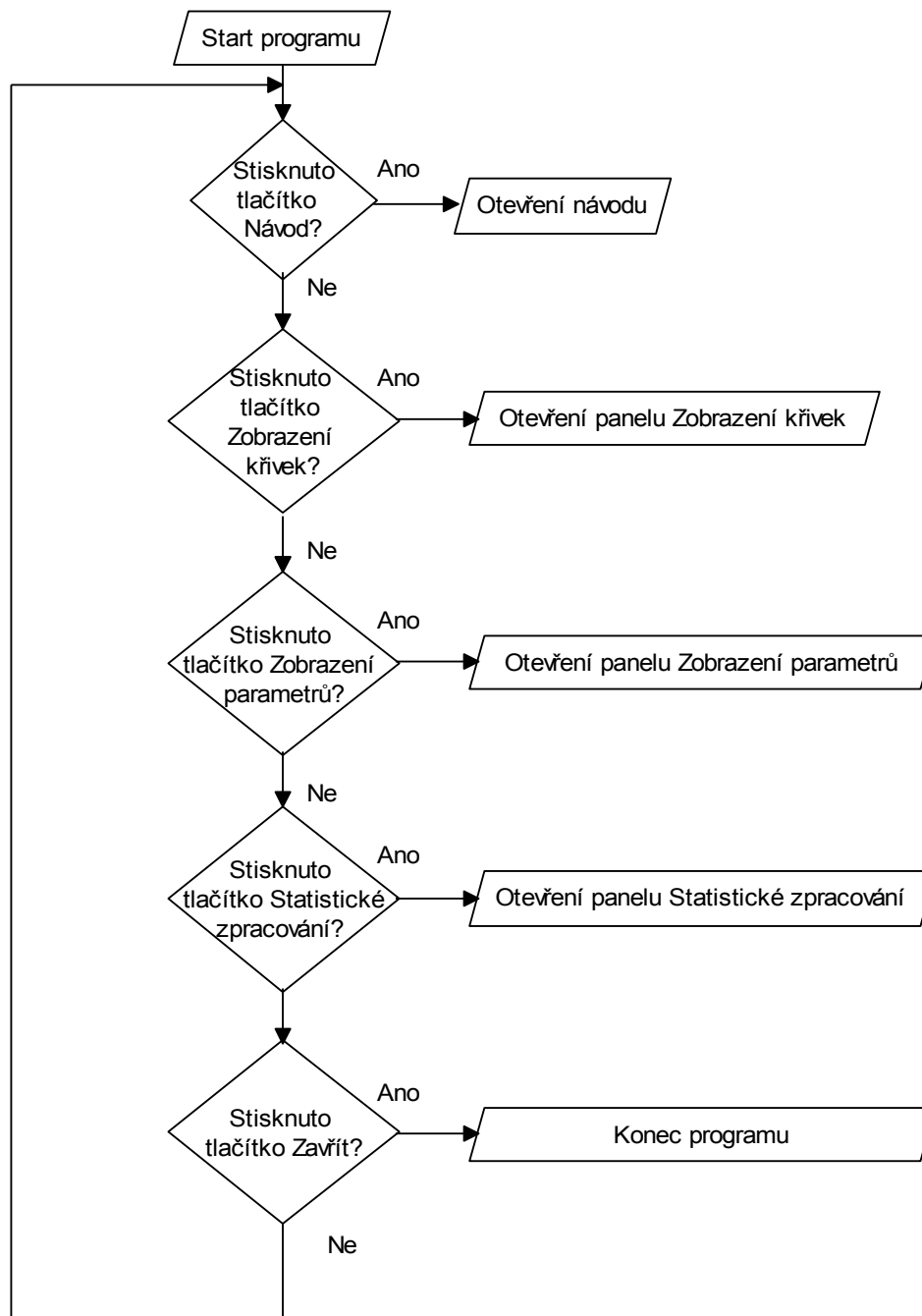
[13] WIKIPEDIA, [online] <cs.wikipedia.org/wiki/Spearmanův_koeficient_pořadové_korelace>

Seznam příloh

Příloha I – Diagramy.....	I
---------------------------	---

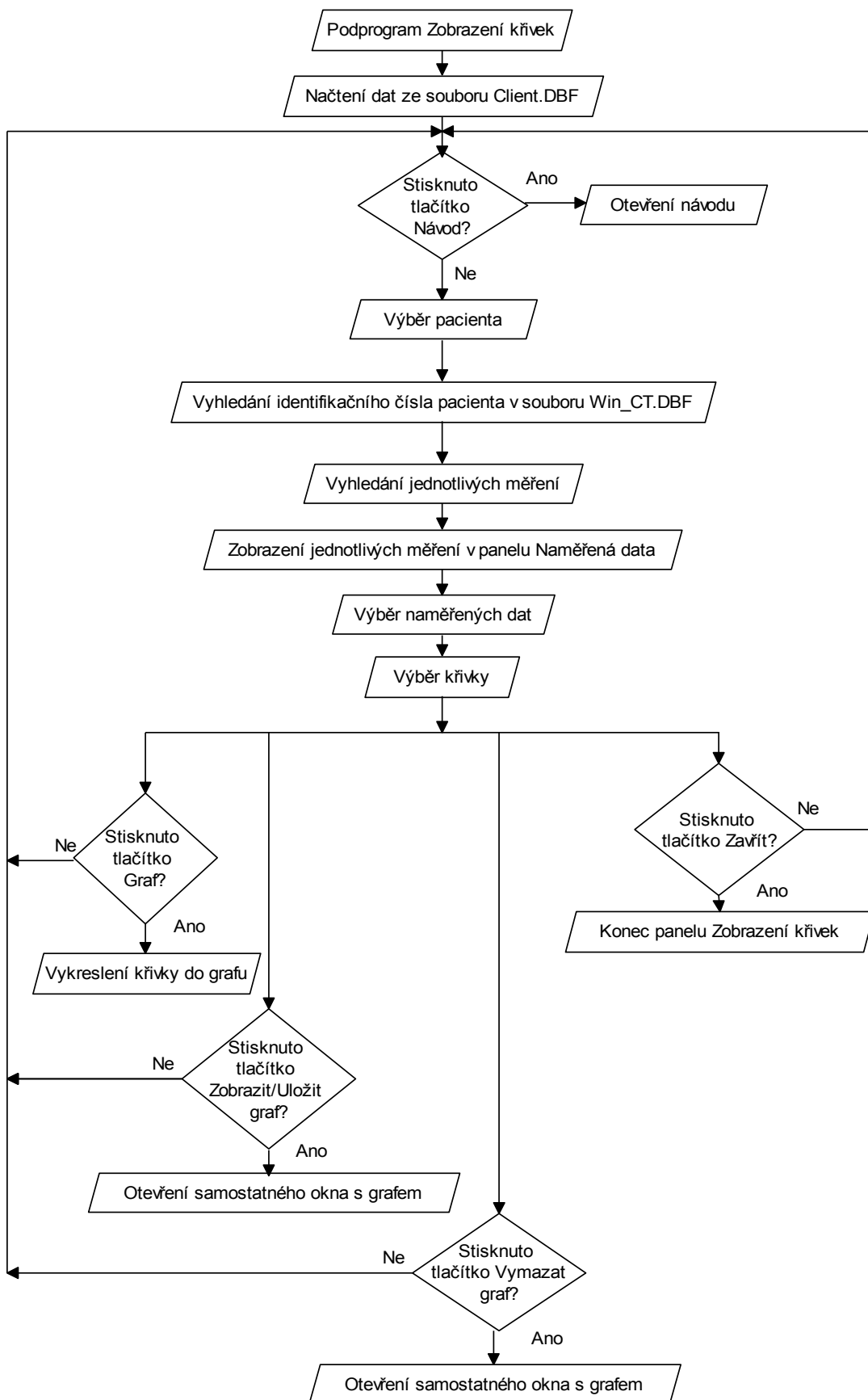
Příloha I.

Diagram hlavního panelu



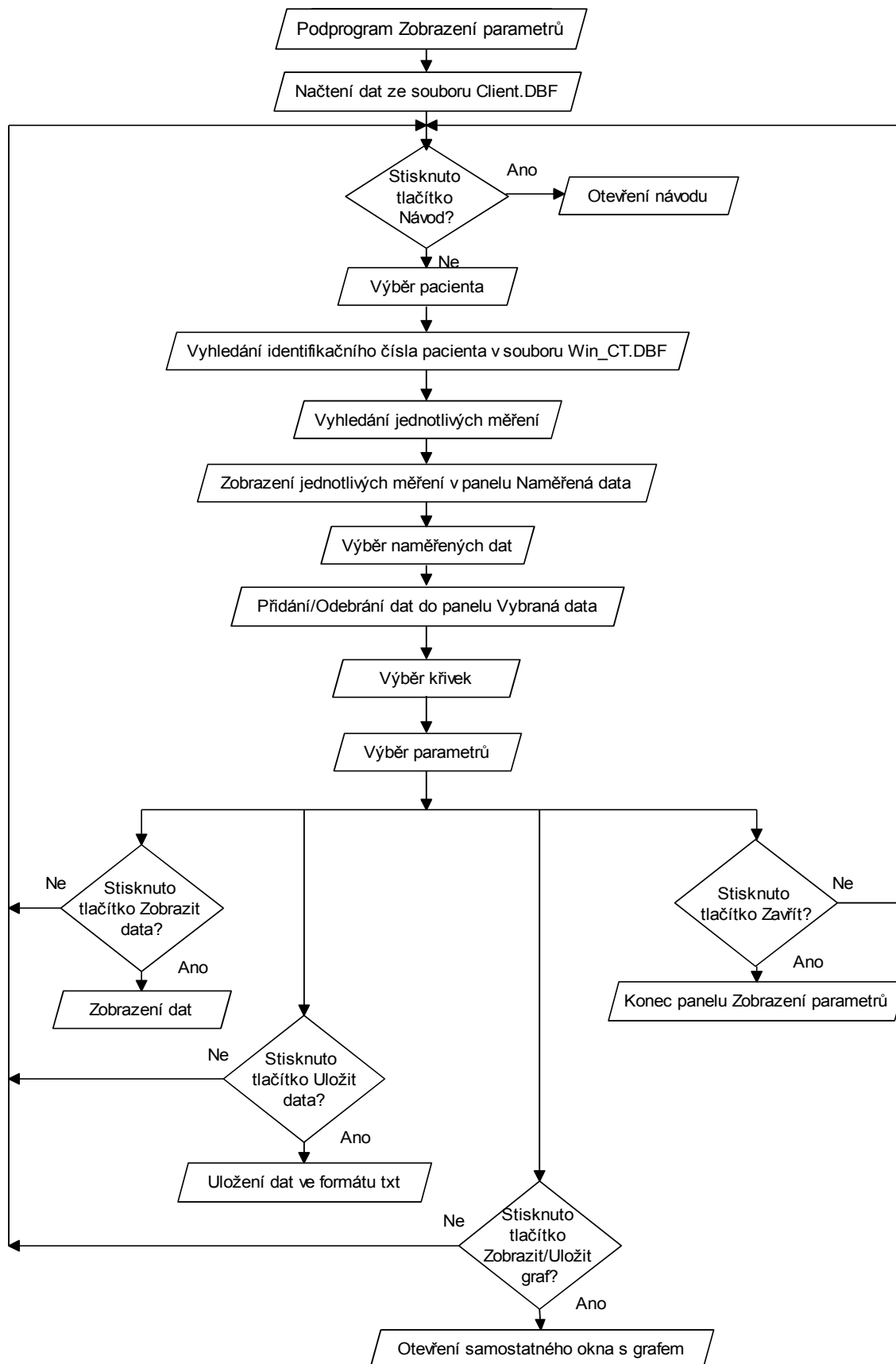
Obr. I: Diagram hlavního panelu

Diagram panelu Zobrazení křivek



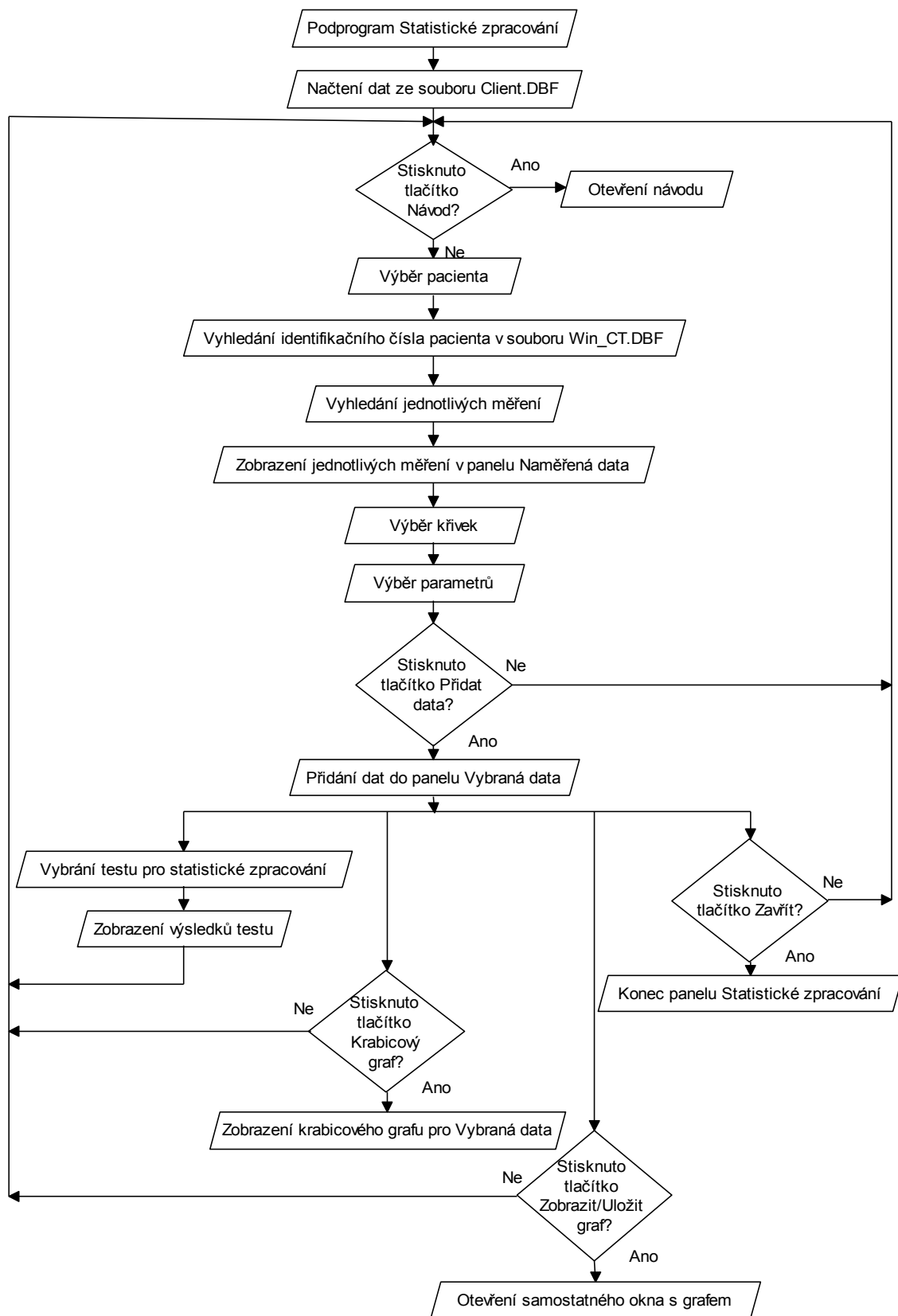
Obr. II: Diagram panelu Zobrazení křivek

Diagram panelu Zobrazení parametrů



Obr. III: Diagram panelu Zobrazení parametrů

Diagram panelu Statistické zpracování



Obr. IV: Diagram panelu Statistické zpracování